

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра біотехніки та інженерії

«На правах рукопису»
УДК 602

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Мельник В.М. Мельник

(підпис)

(ініціали)

прізвище)

“12” листопада 2019р.

Магістерська дисертація

з напрямку підготовки (спеціальності) 6.050503 – Машинобудування
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему: «Модернізація решітки сушарки псевдозрідженого шару для дослідження процесу псевдозрідження»

Виконав: студент ІІ курсу, групи БІ-81 МП
(шифр групи)

Сушецький Андрій Геннадійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник: ст. викл. Фесенко Сергій Вікторович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з розділу біотехнології: ст.викл. Дзигун Лариса Петрівна
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент: с.н.с. к.т.н. Декунда Г.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент Сушецький Андрій
(підпис)

Київ – 2019

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: Модернізація решітки сушарки псевдозрідженого шару для
дослідження процесу псевдозрідження

Київ - 2019

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біотехніки та інженерії

ення вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

спеціальність 133 – Галузеве машинобудування » («Обладнання фармацевтичних та технологічних виробництв»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, д.т.н., проф.

Мельник В.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«23» листопада 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Сухецькому Андрію Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Модернізація решітки сушарки псевдозрідженого шару для дослідження процесу псевдозрідження»,

науковий керівник дисертації ст. викладач Фесенко С. В.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «23» листопада 2019 р. № 3252-с

2. Термін подання студентом дисертації 12.12.19

3. Об'єкт дослідження сушарка псевдозрідженого шару

4. Предмет дослідження решітка сушарки псевдозрідженого шару

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: літературний огляд, аналіз за темою дисертації, опис технологічного процесу, розробка математичної моделі процесу

сушіння, призначення та сфера використання апарата, технічна характеристика, обґрунтування вибору обраної конструкції, розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, дослідження економічної доцільності виробництва і реалізації запропонованої конструкції сушарки псевдозрідженого шару. рекомендації з монтажу та експлуатації, рівень стандартизації та уніфікації.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Апаратурно-технологічна схема лінії для виробництва анальгін (A1); сушарка з псевдозрідженим шаром складальне креслення (A1); 3D модель сушарки псевдозрідженого шару (A1); креслення складальних одиниць (днище (A2), опора (A3), решітка розподілююча (A3), корпус (A2), кришка (A2))
7. Орієнтовний перелік публікацій: «Конструкційні особливості сушарок псевдозрідженого шару у виробництві таблеток»
8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Біотехнологія	Дзигун Л.П., ст. викл.	03.12.19	08.12.19

9. Дата видачі завдання 02.09.19

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури, аналіз літературних джерел	01.09.2019-16.09.19	Виконано
2	Розробка складального креслення сушарки з псевдозрідженим шаром та креслення деталей	19.09.2019-11.10.19	Виконано
3	Оформлення пояснювальної записки креслень документації	13.10.2019-06.11.19	Виконано

4	Розрахунок сушарки з псевдозрідженим шаром	12.11.2019-19.11.19	<i>Винюкато</i>
5	Розробка стартап-проекту	19.11.19-24.11.19	<i>Винюкато</i>
6	Інші розділи дипломного проекту	25.11.19-01.12.19	<i>Винюкато</i>

Студент


(підпис)

Науковий керівник дисертації


(підпис)

Сухецький А. Г.

(ініціали, прізвище)

Фесенко С. В.

(ініціали, прізвище)

Реферат

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Модернізація решітки сушарки псевдозрідженого шару для дослідження процесу псевдозрідження» містить 96 сторінок, 37 літературних джерел, 23 рисунків, 21 таблиць.

В магістерській дисертації розглянуто сушарку з псевдозріденим шаром та удосконалену частину апарату решітку сушарки псевдозрідного шару. Решітка сушарки псевдозрідного шару належить до галузі сушильних апаратів, які застосовують у лініях виробництва харчових продуктів та фармацевтичній галузі.

Новим є те, що, решітка через яку проходить повітря має похилі отвори, які розташовані по спіралі Архімеда для створення вихрових потоків під час висушування матеріалу.

Пропонована решітка сушарки псевдозрідного шару забезпечує якісне висушування матеріалу та підвищує ефективність роботи даної сушарки.

Для підтвердження працездатності та надійності конструкції були проведені тепловий, гідравлічний, конструктивний і міцнісний розрахунки елементів конструкції, було здійснено комп'ютерний аналіз та необхідні розрахунки в програмі «Ansys» для перевірки працездатності апарату. Проведений патентний пошук, за рахунок чого, виконаний порівняльний аналіз основних показників конструкції сушарки з діючими аналогами.

Також у проекті розглянуті питання з монтажу та експлуатації теплообмінника.

Розрахунки та креслення виконані згідно чинних стандартів, з використанням сучасних системних та інформаційних технологій.

Ключові слова: решітка, сушарка, псевдозрідений шар, сушка.

Abstract

The explanatory note to the diploma project "Modernization of the fluidized bed dryer grid for the study of fluidization process" contains 96 pages, 37 literary sources, 23 drawings, 21 tables.

The master's thesis deals with the fluidized bed dryer and the improved part of the apparatus of the fluidized bed dryer grid. The fluidized bed dryer grate belongs to the field of drying apparatus used in food production lines and the pharmaceutical industry.

What is new is that the grate through which the air passes has sloping openings, which are arranged in an Archimedes spiral to create vortex flows during material drying.

The proposed fluidized bed dryer grille provides high-quality drying of the material and increases the efficiency of the dryer.

Thermal, hydraulic, structural and durable calculations of structural elements were carried out to confirm the construction's reliability and reliability, computer analysis and the necessary «Ansys» calculations were performed to verify the machine's performance. A patent search was carried out, whereby a comparative analysis of the main parameters of the design of the dryer with its existing analogues was performed.

The project also addresses the issues of installation and operation of the heat exchanger.

Calculations and drawings are made according to current standards, using modern system and information technologies.

Keywords: grate, dryer, fluidized bed, drying.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів.....	9
ВСТУП.....	13
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	14
1.1 Процес сушіння в фармацевтичному виробництві. Характеристика виробництва.....	14
1.2 Способи і методи сушіння матеріалу.....	15
1.3 Характеристика анальгіну.....	17
1.4 Висновки.....	18
2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АНАЛЬГІНУ.....	19
3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ.....	21
3.1. Опис конструкції сушарки з псевдозрідженим шаром.....	21
3.2. Вибір матеріалів сушарки з псевдозрідженим шаром.....	22
3.3 Патентний пошук та огляд літератури.....	24
4. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУШАРКИ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ.....	27
5. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ СУШАРКИ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ.....	28
5.1. Матеріальний баланс.....	28
5.1.2 Тепловий баланс.....	30
5.2. Гідродинамічний розрахунок апарату.....	34
5.2.1. Параметри повітря на виході з сушильної камери.....	34
5.2.2 Робоча швидкість повітря.....	35
5.2.3. Діаметр апарату біля газорозподільної решітки.....	36
5.2.4. Висота киплячого шару.....	36
5.2.5. Перевірка умови виносу з апарату дрібних частинок.....	38
5.2.6 Перевірка умови зрідження псевдочастинок максимального розміру.....	39
5.3. Гідравлічний розрахунок сушарки.....	41
5.3.1. Гідравлічний опір сушарки.....	41
5.3.2. Підбір газодувки.....	41
5.4. Розрахунок штуцерів.....	42
5.5. Розрахунки апарату на міцність.....	43
5.5.1. Розрахунок обичайки навантаженої внутрішнім тиском.....	43
5.5.2. Розрахунок конічного днища навантаженого внутрішнім тиском.....	47
5.5.3. Розрахунок плоскої кришки навантаженої внутрішнім тиском.....	46

5.5.4	Перевірка розподільчої решітки на міцність.....	48
5.5.5	Перевірка несучої спроможності апарату під дією опорних навантажень.....	48
6.	ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ТА МАСОПЕРЕДАЧА ПРИ ВИРІШЕННІ ВНУТРІШНЬОЇ ЗАДАЧІ.....	59
7.	РЕКОМЕНДАЦІЇ З МОНТАЖУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	64
8.	РІВЕНЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ.....	66
9.	ОПИС ТА НОВИЗНА КОНСТРУКЦІЇ РЕШІТКИ СУШАРКИ ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ.....	68
10.	СТАРТАП.....	73
10.1	Опис ідеї проекту.....	73
10.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	76
10.3	Потенційні групи клієнтів, їх характеристики, формування орієнтовного переліку вимог до товару для кожної групи.....	77
10.4	Розроблення ринкової стратегії проекту.....	80
10.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	81
10.6	Розрахунок виробничої потужності.....	82
	ВИСНОВКИ.....	91
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	94
	Додаток А	
	Додаток Б	
	Додаток В	

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів

ДВ – дозатор ваговий;

Зб – збірник;

Г – гранулятор;

М – мірник;

Р – реактор стаціонарний;

СШ – сушарка;

ТМ – таблеткова машина;

Зм – змішувач;

G_n - продуктивність сушарки по вологому матеріалу, кг/год;

G_k - продуктивність сушарки по сухому матеріалу, кг/год;

W - кількість випареної води, продуктивність по випареній воді, кг/год;

w_n - початкова вологість матеріалу, %;

w_k - кінцева вологість матеріалу, %;

r_0 - теплота випарювання, кДж/кг;

c_n - теплоємність водяної пари, кДж/кг;

t_1 - температура теплоносія на вході в сушильну камеру, °С;

t_2 - температура теплоносія на виході з сушильної камери, °С;

θ_1 - температура матеріалу на вході в сушильну камеру, °С;

θ_2 - температура матеріалу на виході з сушильної камери, °С;

c_m - теплоємність таблеткової маси, кДж/кг;

$Q_{\text{вип}}$ - тепло, що витрачається на випарювання води, Вт;

$Q_{\text{нагр}}$ - тепло, що витрачається на нагрів матеріалу, Вт;

$Q_{\text{вират}}$ - втрати тепла в навколишнє середовище, Вт;

L - витрата сухого повітря, кг/с;

c_n - теплоємність сухого повітря, кДж/(кг·К);

B – барометричний тиск, мм.рт.ст.;

x_1 - вологовміст повітря перед калорифером, кг/кг;

x_2 - вологовміст повітря на виході з сушильної камери, кг/кг;

ρ_1 - густина повітря на виході з сушарки, кг/м³;

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості повітря при заданій температурі, Па·с;

μ_0 - динамічний коефіцієнт в'язкості повітря при температурі 0°C, Па·с;

C – допоміжний коефіцієнт;

T_2 - температура повітря на виході з сушильної камери, К;

g - прискорення вільного падіння, кг·м/с²;

d - діаметр гранул таблеткової маси, мм;

ρ_m - густина таблеткової маси, кг/м³;

ϵ - порозність киплячого шару;

Ar - критерій Архімеда;

Re - критерій Рейнольдса;

V - швидкість повітря, м/с;

Pr - критерій Прандтля;

λ_q - теплопровідність, Вт/(м·К);

Nu - критерій Нусельта;

α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

S_{num} - питома поверхня шару, м⁻¹;

H - висота апарату, мм;

d_0 - діаметр отворів решітки, мм;

ϕ - частка живого перетину решітки;

k - число псевдозрідження;

ΔP - гідравлічний опір, Па;

ξ - коефіцієнт опору решітки;

w - швидкість руху теплоносія у штуцері, м/с;

$[\sigma]$ - допустиме напруження для сталі, МПа;

ϕ - коефіцієнт ослаблення зварного шва;

c – поправка до товщини стінки, м;

Π – швидкість корозії, мм/рік;

S - товщина стінки обичайки, мм;

$[P]$ - допустимий тиск, МПа;

S_k - товщина стінки кінцевого днища, мм;

K - розрахунковий коефіцієнт;

K_0 - коефіцієнт послаблення кришки отвором;

$M_{об}$ - маса циліндричної обичайки, кг;

H - висота циліндричної обичайки, м;

$\rho_{ст}$ - густина сталі, кг/м³;

D_{γ} - зовнішній діаметр обичайки, м;

M_n - маса плоскої кришки, кг;

M_k - маса конічного днища, кг;

M - повна маса апарата, кг;

G - вага апарата, кН;

$Q_{оп}$ - навантаження на одну опору, кН;

ВСТУП

Анальгін - найпоширеніший препарат в групі так званих ненаркотичних анальгетиків - тобто препаратів, здатних зменшувати біль без впливу на психіку. Крім того, до фармакологічних ефектів анальгіну належать жарознижуючий і протизапальний. Саме тому анальгін є масово поширеним препаратом, і виробляється багатьма фармацевтичними підприємствами протягом тривалого часу. Але технології виготовлення фармацевтичних препаратів постійно розвиваються і, що найголовніше, постійно підвищуються вимоги та стандарти, яким мають відповідати будь-які фармацевтичні виробництва та їх продукти. В зв'язку з цим виникає постійна необхідність вдосконалення та автоматизації установок і апаратів для покращення якості продукції, відповідності продукції міжнародним стандартам, збільшення її конкурентоспроможності та рентабельності виробництва.

Розглянута в даному дипломному проекті схема для виробництва анальгіну є однією з найпростіших схем виробництва цього препарату. Вона і включає апарати, які є відносно дешевими та простими за конструкцією.

Було запатентовано корисну модель яка відноситься до розподільчих пристроїв сушарки псевдозрідженого шару. Решітка псевдозрідженого шару застосовується в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях. Новим є те, що, решітка через яку проходить повітря має похилі отвори, які розташовані по спіралі Архімеда для створення вихрових потоків під час висушування матеріалу. Пропонована решітка сушарки псевдозрідженого шару забезпечує якісне висушування матеріалу та підвищує ефективність роботи даної сушарки.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1 Процес сушіння в фармацевтичному виробництві. Характеристика виробництва

Сушка - процес видалення вологи з матеріалів з використанням енергії для випаровування вологи і відводу утворюючих парів. Серед різних технологічних процесів фармацевтичного виробництва сушка є одним з найбільш значущих операцій як на початкових, так і на заключних стадіях отримання фармацевтичних продуктів. Процес сушки необхідний перш за все для видалення вологи з матеріалу і доведення його до заданого регламенту вологовмісту. Наприклад, в процесі виробництва таблеток отримані висушені гранули перед процесом таблетування повинні мати деяку вологість, залишкову. Залишкова вологість для кожного таблетуючого препарату індивідуальна і повинна бути оптимальною, тобто при якій процес пресування протікає найкращим чином, якість таблеток відповідає вимогам Державної фармакопеї, а міцність - більш висока в порівнянні з таблетками, які отримуються з гранулюючого препарату, але з іншим ступенем вологості. Недосушені гранули прилипають до пуансонів машини, нерівномірно заповнюють матрицю і вимагають підвищеної кількості антифрикційних речовин. Пересушені гранули важко пресуються, і отримані таблетки можуть мати порушені краю. Процес сушіння починається з зовнішніх шарів з поступовим просуванням в середину. При висушуванні до продукту підводиться тепло для випаровування води або органічного розчинника. Температура сушіння і її тривалість залежать від термолабільності продукту, гідродинамічного режиму, вимог до якості продукту і необхідної залишкової вологості. Оскільки при випаровуванні розчинника продукт охолоджується, в ряді випадків висушування можна проводити при відносно високих температурах без перегріву продукту. При цьому важливо забезпечити інтенсивний тепло - і масообмін в процесі

сушіння шляхом перемішування, проведення процесу в активному гідродинамічному режимі, *створення* великої поверхні контакту фаз. При проведенні процесу теплової сушки можлива усадка матеріалу, а в разі виникнення нерівноважного тепло - і масообміну можливе утворення бульбашок усередині матеріалу або його розрив. Процес сушіння може бути також застосований для додання необхідних властивостей висушуємо продукту, отримання дисперсних продуктів із заданою структурою та формою частинок. При сушінні матеріалів необхідно правильно підбирати спосіб сушіння. Вибір раціонального режиму сушки і способу її проведення може визначатися властивостями конкретного матеріалу, який необхідно висушити, умовами і завданнями даного виробництва. При висушуванні порошкоподібних і гранульованих матеріалів потрібно, щоб препарат мав гарну сипучість, що не залежується, мав певну дисперсність. Злежуваність порошків погіршує їх технологічні властивості: порошки погано дозуються за об'ємом на таблеткових машинах, вимагають додаткової обробки, такої як додавання допоміжних речовин. Правильно організований процес сушіння дозволяє зберегти або поліпшити властивості матеріалів. Так, сушка таблеткового грануляту в контактних сушарках призводить до його спікання, зміни кольору, нерівномірного залишковим вологовмісту, погіршення сипучості, розкладанню діючих речовин. Висушування в псевдозрідженому шарі і в розпилювальній сушарці зменшує більшість цих недоліків.

1.2 Способи і методи сушіння матеріалу

Сушіння широко використовується для висушування біологічно активних препаратів, які при тепловій сушці можуть втрачати свою біологічну активність. Цей спосіб сушіння вимагає вкладення великих фінансових і тимчасових витрат, тому його доцільно використовувати тільки при

виробництві дорогих препаратів. На сьогоднішній день особливо актуальним є створення нових способів сушіння та відповідного обладнання для обробки термочутливих матеріалів з можливістю отримання продукту із заданими властивостями. При цьому першочерговим завданням при сушінні матеріалів біологічної природи залишається збереження вихідних компонентів, живильної і терапевтичної цінності, а також органолептичних властивостей продуктів.

За способом підведення тепла до висушують матеріалу розрізняють наступні види сушіння: Конвективна - шляхом безпосереднього зіткнення висушуваного матеріалу з сушильним агентом, в якості якого найчастіше використовують нагріте повітря або топкові гази (як правило, в суміші з повітрям). Контактна - шляхом передачі тепла від теплоносія до матеріалу через роздільну стінку. Спеціальна: радіаційна - шляхом передачі тепла інфрачервоними променями; діелектрична - шляхом нагрівання в полі струмів високої частоти; сублімаційний - сушка в замороженому стані при глибокому вакуумі. У фармацевтичній промисловості застосовуються багато видів сушарок. Станом шару висушуваного продукту розрізняють сушарки з нерухомим шаром і перемішуваним шаром матеріалу. Сушарки можуть бути періодичної і безперервної дії.

Тут будуть розглянуті найбільш затребувані способи сушіння, які застосовуються при виробництві лікарських препаратів на сучасних фармацевтичних підприємствах, а саме сушка в псевдозрідженому шарі.

1.3 Характеристика анальгін

Анальгін таблетки по 0,5г №10 Форма випуску [13]:

- Тверді лікарські форми АТС класифікація:
- Засоби, які діють на нервову систему Опис товару:

Інструкція медичного застосування препарату:

Анальгін (Analginum)

Загальна характеристика:

хімічна назва: 1 -феніл-2,3-диметил-4-метил-амінопіразолон-5-N-метан-сульфонат натрію моногідрат;

основні фізико-хімічні властивості: таблетки білого або білого з жовтуватим відтінком кольору;

склад: анальгін - 0,5 г;

допоміжні речовини: тальк, кальцій стеариново-кислий, крохмаль картопляний.

Форма випуску. Таблетки.

Фармакологічна група. Ненаркотичний анальгетик-антипіретик.

Фармакологічні властивості. Препарат проявляє виражену анальгізуючу і жарознижуючу дію. Анальгетичний ефект пов'язаний з пригніченням біосинтезу ендогенних субстанцій, які причетні до виникнення больових реакцій (ендопраксиди, брадикініни, деякі простагландіни та ін.). Анальгін

перешкоджає проведенню больових імпульсів нервовими волокнами і підвищує поріг збудливості на рівні таламуса. Механізм антипіретичної дії обумовлений зменшенням утворення і вивільнення речовин з нейтрофільних лейкоцитів, ендотоксинів бактерій та ін.

Показання до застосування. Больовий синдром різного походження і локалізації (головний, зубний біль, опіки, біль в післяопераційному періоді, дисменорея, артралгії, невралгії, радикуліти, міозити та ін.); лихоманні стани (при грипі, гострих респіраторних інфекціях та ін.); ниркові і печінкові коліки (в комбінації зі спазмолітичними засобами).

Побічна дія. Алергічні реакції: бронхоспазм, шкіряні висипання, набряк Квінке, зрідка - анафілактичний шок. При тривалому застосуванні препарату можливе пригнічення кровотворення (гранулоцитопенія, агранулоцитоз).

Умови і строки зберігання. Зберігати в сухому, захищеному від світла місці. Термін придатності - 5 років.

Упаковка. Таблетки по 0,5 г №10 в контурних коміркових упаковках.

1.4 Висновки

Сушіння матеріалів займає важливе місце у виробництві лікарських препаратів як один з найпоширеніших масообмінних процесів. В умовах розвитку фармацевтичних виробництв в технології лікарських засобів було впроваджено значну кількість апаратів, які дозволяють поліпшувати якість продукції, що випускається і полегшили сам процес виробництва. Застосування сушки досить широко, вона може застосовуватися на різних етапах технологічного процесу. Завдяки сушінню забезпечується надійне зберігання лікарських препаратів і їх консервування, що значно спрощує процеси подрібнення матеріалів.

2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АНАЛЬГІНУ

Апаратурно-технологічна схема виробництва таблеток анальгін у представлена на додатку А.

На дозаторі ваговому ДВ-2 зважують 8 кг просіяного крохмалю картопляного, що надходить зі збірника Зб-1. Мірником М-4 відміряють 2 л води знесоленої і переливають у збірник Зб-3. Зважений крохмаль додають в збірник Зб-3 із знесоленою водою і перемішують лопаткою.

Відмірену мірником М-6 знесолену воду, у кількості 122 л переливають у стаціонарний реактор Р-5. Туди ж додають приготовану суміш крохмалю з водою зі збірника Зб-3. Дану суміш доводять до кипіння за допомогою пари у рубашці апарату, одночасно перемішуючи. Отриманий клейстер надходить у реактор Р-8, в якому його, перемішуючи, охолоджують холодною водою до температури 20-25°C.

На вагах ДВ-11 зважують 180,4 кг просіяного анальгін у, що надходить зі збірника Зб-10. Далі сировину транспортують до змішувального реактора Р-12 і завантажують вручну за допомогою совка. Перемішують протягом 10 ± 2 хвилин. За допомогою мірника М-9 відміряють 15л крохмального клейстеру, з реактора Р-8 і додають його у реактор Р-12. Отриману суміш перемішують протягом 40 ± 5 хвилин, закривши кришку змішувача, до рівномірного розподілу вологи. Вологу масу за допомогою перекидного механізму вивантажують у збірник Зб-13 і транспортують на операцію вологого гранулювання.

Масу, яка підлягає гранулюванню, подають за допомогою совка в робочу камеру гранулятора Г-14, де вона продавлюється шнеками через отвори сітки діаметром 4-5 мм у прийомний збірник Зб-15.

Вологу таблеткову масу транспортують на стадію сушіння, у кількості 25—30 кг, завантажують вручну в резервуар, встановлений у нижній частині сушарки СШ-16. Встановлюють робочу температуру сушіння 45 ± 5 °С. Час висушування матеріалу 40-50 хвилин. При досягненні залишкової вологості маси, яка висушується 4,7-5,9 %, сушку вимикають. Масу вручну, за допомогою совка, обережно, уникаючи пилоутворення і втрат, вивантажують в чистий, сухий збірник 36-17. Отриману масу, подають за допомогою совка через завантажувальний бункер в робочу камеру гранулятора Г-18, де вона продавлюється шнеками через отвори сітки діаметром $2 \pm 0,07$ мм у прийомний збірник 36-19. Гранулят зважують на вагах ДВ-20.

У змішувач Зм-26 вручну за допомогою совка, уникаючи пилоутворення, завантажують гранульовану масу. Туди ж додають зважених на вагах ДВ-25 3,5 кг крохмалю картопляного, 1,84 кг кальцію стеариново-кислого, 1,83 кг тальку та 3,95 кг маси подрібнених некондиційних таблеток. Закривають кришку і вмикають змішувач.

Готову масу вивантажують, за допомогою механізму перекидання і совка, в ємність 36-27 і транспортують на стадію таблетування. Таблетування проводять на ротаційній таблетковій машині ТМ-28. Масу вручну, за допомогою совка, порціями, уникаючи пилоутворення, засипають у бункер таблеткової машини. Встановлюють тиск на пресі (тобто густину таблетки). Під напрямні лотки підставляють прийомні ємності 36-29, 36-30 для збору таблеток. Отримують таблетки анальгіну плоско-циліндричної форми з фаскою. Маса таблетки 0,52 г, відхилення у масі окремих таблеток допускається ± 5 % від середньої маси таблетки, діаметр $12 \pm 0,3$ мм, висота $3,8 \pm 0,5$ мм. Отримані таблетки відправляються на стадію упаковки та фасування.

3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Опис конструкції сушарки з псевдозрідженим шаром

Згідно технологічного процесу у сушарку на сушіння поступає гранульована волога маса для таблетування, яку необхідно висушити від вмісту вологи 10% до 5%. Схема сушарки наведена на рисунку 3.1.

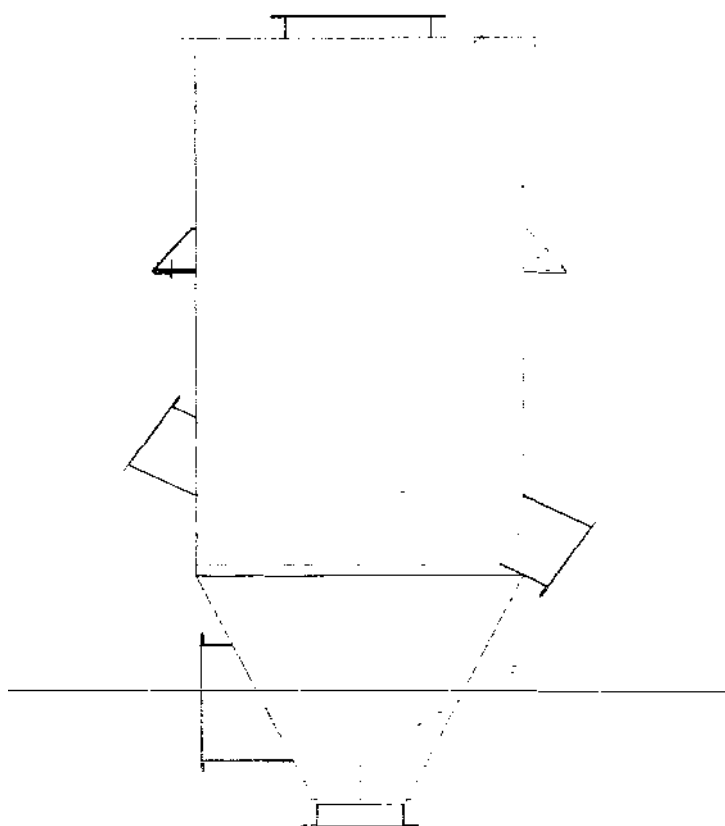


Рисунок 3.1. Схема сушарки з псевдозрідженим шаром матеріалу

1 - кришка, 2 - корпус, 3 - опори,

4 - розподілююча решітка, 5 - днище.

Корпус 2 сушарки з псевдозрідженим шаром матеріалу представляє собою циліндричну ємність. До неї приварюють конічне днище 5, плоску кришку 1, розподілюючу решітку 4.

Сушіння відбувається за допомогою нагрітого в калорифері повітря. Подача теплоносія здійснюється знизу, під розподілюючу решітку.

Сушарка з псевдозрідженим шаром матеріалу встановлюється на підвісних лапах.

3.2. Вибір матеріалів сушарки з псевдозрідженим шаром

Матеріал деталей апарата вибираємо відповідно до середовища, з яким вони контактують. В середині сушарки з псевдозрідженим шаром висушуваного матеріалу знаходиться гранульована маса анальгіну, яка висушується гарячим теплоносієм, тому для виготовлення обираємо корозійностійку, жаростійку, жароміцну сталь аустенітного класу 12X18H10T ГОСТ 5632-88. Отже, корпус, плоска кришка та конічне днище виготовляють зі сталі 12X18H10T ГОСТ 5632-88. Ця сталь призначена для роботи з агресивними середовищами. Сталь має підвищений опір міжкристалічній корозії.

Хімічний склад сталі 12X18H10T ГОСТ 5632-88 у відсотковому співвідношенні:

- кремній 0,12
- мідь 0,3%;
- марганець 2,0%;
- нікель 9,0-11,0%;
- титан 0,4-0,7%.
- фосфор 0,035%;
- хром 17,0-19,0%;
- сірка 0,02%.

Вплив конкретних елементів на властивості сталі: марганець - збільшує твердість, зносостійкість, стійкість проти ударних навантажень; мідь — зменшує корозію; нікель - підвищує міцність, пластичність, корозійну стійкість; титан - збільшує міцність, опір корозії.

Для виготовлення лап-опор використовують сталь вуглецеву марки Ст3 ГОСТ 380-94). Вибір саме такої марки сталі обумовлений її здатністю до зварювання без обмежень, також ця марка є значно дешевшою за інші леговані сталі і з цієї сталі можна виготовити вироби підвищеної міцності, що є дуже важливим при виготовленні опор апаратів.

Для виготовлення перфорованої решітки обираємо листову сталь Х18Н10Т товщиною 12 мм [13].

Кріпильні вироби (болти, гайки, шайби) виготовляють із сталі марки Ст3 ГОСТ 380-94). При цьому твердість гайки повинна бути менше твердості ліпильки (болта) за термообробкою. Трубопроводи вкриті алюмінієвими еластинами [14].

Матеріал теплоізоляції апарату - вата мінеральна ВМСТ ГОСТ 4640-93. Вата призначена для виготовлення теплоізоляційних виробів, в якості теплоізоляційного матеріалу в промисловості для ізоляції поверхонь з температурою до 300°C. Теплоізоляцію труб провести пінополіуретаном згідно ГСТУ 34-204-88-002-98.

3.3 Патентний пошук та огляд літератури

Таблиця 3.3. Регламент пошуку (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК,НІПК,МКПЗ, МКТП,УДК	Регреспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Апарат сушильний киплячим шаром матеріалу	Визначення патентоздатності апарата, що проектується, та тенденцій розвитку цього напрямку в техніці	Україна, Російська Федерація	МПК F26B 3/12, F26B 17/26, F26B9/08, B65D83/14, B04C3/02, F26B9/08	1996-2014	Національні й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; УРЖ “Джерело” (1995-2004рр.). Журнал “Хімічна промисловість України”.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № БІ81мп06.710.633.000.000-60

Завдання на проведення патентних досліджень БІ81мп06.710.633.000.000-60 ДП

Етап Проектування апарата та його складових частин

Номер, дага завдання на проведення патентних досліджень № БІ81мп06.710.633.000.000-10 11.05.2019 р.

Номер, дага регламенту пошуку № БІ81мп06.710.633.000.000-60 11.05.2019 р.

Початок пошуку 11.05.2019 р. Закінчення пошуку 17.05.2019 р.

Таблиця 3.3 - Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Бібліографічні дані	Відомості, щодо їхньої дії
Газорозподільна решітка	Патент України, «Газорозподільна решітка апарата псевдозрідженого шару» № 785 МПК В01J 8/24 опублік. 15.03.2001	Діє
Розподільна решітка	Патент України, «Розподільна решітка апарата псевдозрідженого шару» №28579 МПК В01J 8/24 опублік. 10.12.2007	Діє

4. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУШАРКИ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ

Апарат призначено для висушування вологого грануляту для таблетування анальгіну.

1.	Продуктивність сушарки по висушеному матеріалу, кг/год	4
2.	Початкова вологість грануляту, %	10
3.	Кінцева вологість грануляту, %	5
4.	Гріючий агент:	
	- повітря очищене	
5.		Температура
	теплоносія на вході в сушильну камеру, °С	125
6.		Температура
	теплоносія на виході із сушильної камери, °С	75
7.	Середовище в апараті:	
	- волога гранульована маса анальгіну для таблетування	
8.	Середовище в апараті:	
=	- нетоксичне, негорюче, пожежобезпечне	
~	9. Матеріал корпусу та деталей, що контактують з робочим середовищем?	
	сталь 12Х18Н10Т ЕОСТ 5632-74	
—	10. Габаритні розміри:	
	довжина, мм	460
	ширина, мм	424
	висота, мм	942

5. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ
КОНСТРУКЦІЇ СУШАРКИ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ

5.1. Матеріальний баланс

Метою проведення розрахунку матеріального балансу є визначення кількості залоги, видаленої з сушильної камери, а також продуктивності сушарки по залогому матеріалу. Схема розрахунку наведена на рисунку 5.1.

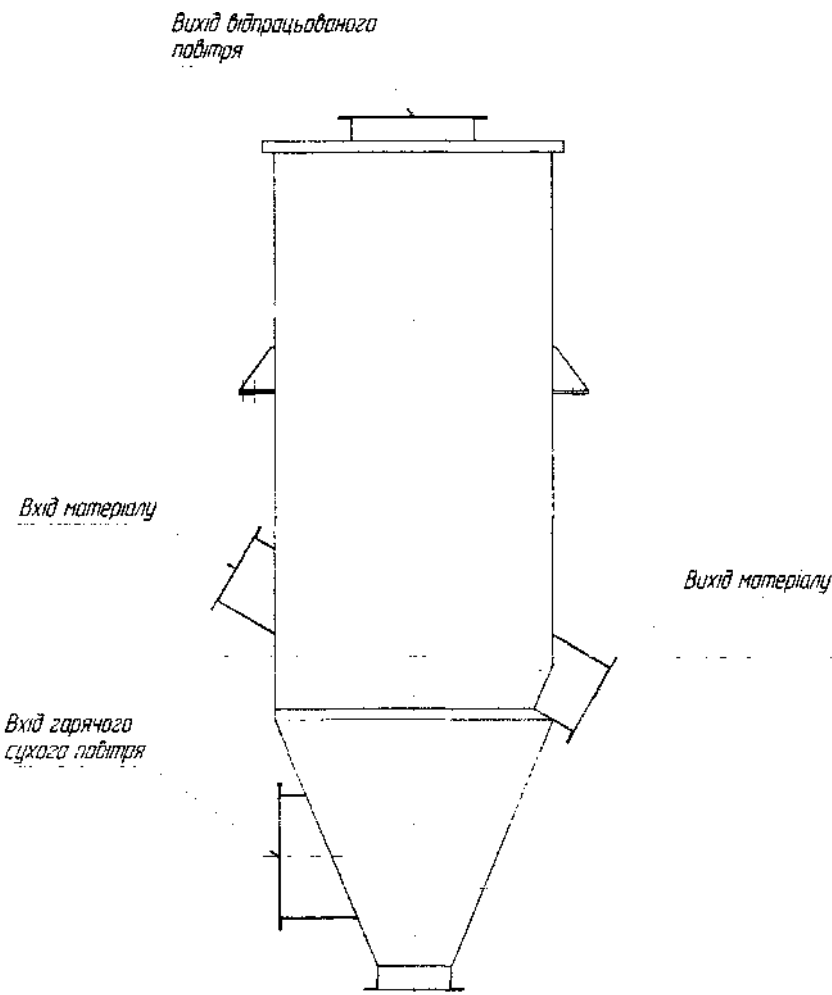


Рисунок 5.1. Схема до розрахунку матеріального балансу
Запишемо матеріальний баланс процесу [5]:

$$G_n = G_k + W ,$$

де G_n - продуктивність сушарки по вологому матеріалу;

G_k - продуктивність сушарки по сухому матеріалу;

W - кількість випареної води.

Продуктивність сушарки по вологому матеріалу визначають за наступною формулою:

$$G_n = \frac{G_k(100 - w_k)}{100 - w_n},$$

де w_n - початкова вологість матеріалу;

w_k - кінцева вологість матеріалу.

Підставивши вихідні дані, маємо наступне:

$$G_n = \frac{G_k(100 - w_k)}{100 - w_n} = \frac{4(100 - 5)}{100 - 10} = 4,2 \text{ кг/год.}$$

Кількість випареної води визначимо з матеріального балансу наступним ном:

| Використовуючи всі отримані раніш $W = G_n - G_k = 4,2 - 4 = 0,2 \text{ кг/год.}$ ьного
ІБалансу процесу:

$$G_n = G_k + W ;$$

$$4,2 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 4 \frac{\text{кг}}{\text{год}} + 0,2 \frac{\text{кг}}{\text{год}} .$$

5.1.2 Тепловий баланс

Вихідні дані:

- матеріал, що висушується - вологий гранулят таблеткової маси анальгіну;
- продуктивність сушарки по висушеному матеріалу G_k , кг/год 4;
- початкова вологість матеріалу $w_{\text{П}}$, % 10;
- кінцева вологість матеріалу w_k , % 5;
- температура теплоносія на вході в сушильну камеру t_1 , °C 125;
- температура теплоносія на виході із сушильної камери t_2 , °C 75;
- температура матеріалу на вході в сушильну камеру θ_1 , °C 25;
- температура матеріалу на виході із сушильної камери θ_2 , °C 70.

В процесі сушіння волога з матеріалу, поданого у сушарку, випарюється і виноситься сушильним агентом. Для випарювання вологи і проведення сумісно із [сушкою інших термічних процесів до матеріалу необхідно підвести тепло. Його [можна підводити різними способами в залежності від способу сушки.

І Для визначення витрати тепла на сушку та витрати відповідно пального, електроенергії та пари використовують рівняння теплового балансу. Схема до розрахунку представлена на рисунку

5.1.2.

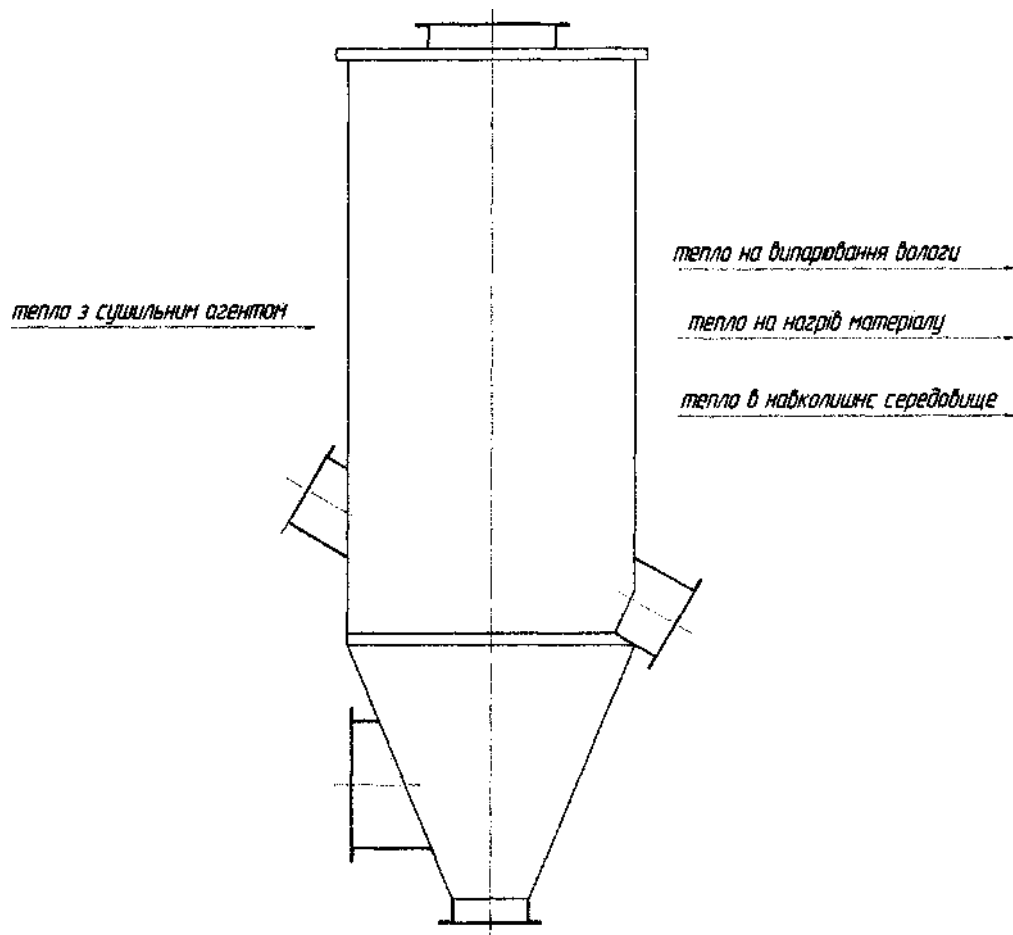


Рисунок 5.1.2. Схема до розрахунку теплового балансу

Метою теплового балансу є визначення витрати сухого повітря та його вологовмісту. Для їх визначення нам необхідно визначити загальну витрату тепла, для визначення якої в свою чергу потрібно скласти рівняння теплового балансу.

Для того, щоб скласти рівняння теплового балансу, запишемо всі складові витрати тепла [9]:

- тепло, що витрачається на випарювання вологи:

$$Q_{\text{вип}} = W[r_0 + c_n(t_2 - \theta_1)],$$

тут r_0 - теплота випарювання при 0°C ;

c_n - теплоємність водяної пари; t_2 - температура теплоносія на виході з сушильної камери; θ_1 - температура матеріалу на вході в сушильну камеру;

- тепло, що витрачається на нагрів матеріалу:

$$Q_{нагр} = G_k c_{,м} (\theta_2 - \theta_1),$$

тут $c_{,м}$ - теплоємність матеріалу;

θ_2 - температура матеріалу на виході з сушильної камери;

- втрати тепла в навколишнє середовище (приймаємо їх рівними 15% від перших двох складових) [5]:

$$Q_{втрат} = 0,15(Q_{вып} + Q_{нагр}).$$

Тепер складемо рівняння витрати тепла:

$$Q = Q_{вып} + Q_{нагр} + Q_{втрат}.$$

Розпишемо складові рівняння, врахувавши формули:

$$Q = Q_{вып} + Q_{нагр} + Q_{втрат} = 1,15\{W[r_0 + c_n(t_2 - \theta_1)] + G_k c_{,м}(\theta_2 - \theta_1)\}.$$

Підставимо у формулу числові значення величин:

$$\begin{aligned} Q &= Q_{вып} + Q_{нагр} + Q_{втрат} = 1,15\{W[r_0 + c_n(t_2 - \theta_1)] + G_k c_{,м}(\theta_2 - \theta_1)\} = \\ &= 1,15\left\{\frac{0,2}{3600}[2490 \cdot 10^3 + 1,97 \cdot 10^3(75 - 25)] + \frac{4}{3600} \cdot 0,680 \cdot 10^3(70 - 25)\right\} = 13,47 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad \text{Витрату}$$

сухого повітря визначатимемо за формулою:

$$L = \frac{Q}{c_n(t_1 - t_2)},$$

де L - витрата сухого повітря;

c_n - теплоємність сухого повітря;

t_1 - температура теплоносія на вході в сушильну камеру.

Обрахуємо формулу:

$$L = \frac{Q}{c_n(t_1 - t_2)} = \frac{13,47 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3(125 - 75)} = 0,06 \text{ кг/с.}$$

Визначимо питомі витрати сухого повітря:

$$l = \frac{L}{W} = \frac{0,06}{0,2} = 4,3 \text{ кг/кг.}$$

Параметри повітря перед калорифером : $t_0 = 19^\circ\text{C}$, $\varphi_0 = 70\%$.

Вологовміст повітря перед калорифером:

$$x_1 = \frac{622 \cdot \varphi_0 \cdot \rho_n}{B - \varphi_0 \cdot \rho_n} = \frac{622 \cdot 0,7 \cdot 17,54}{745 - 0,7 \cdot 17,54} = 10,42 \text{ г/кг} = 0,01 \text{ кг/кг,}$$

де B - барометричний тиск.

вологовміст повітря на виході із сушильної камери:

$$x_2 = x_1 + \frac{1}{l} = 0,01 + \frac{1}{8} = 0,135 \text{ кг/кг.}$$

Проведемо розрахунок теплової ізоляції сушарки, метою якого є визначити товщину ізоляції.

В якості матеріалу для ізоляції обрано вату мінеральну ВМСТ ГОСТ 4640-93, що має коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i = 0,72 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Приймаємо температуру зовнішньої поверхні стінки $t_{\text{зов.}} = 120^\circ\text{C}$ [13]. Температуру зовнішнього середовища $t_0 = 19^\circ\text{C}$. Тоді товщина шару ізоляції:

$$s_i = \frac{\lambda_i(t_1 - t_{cm})}{\alpha_s(t_{cm} - t_0)} = \frac{0,72(125 - 120)}{24,7(120 - 19)} = 0,0017 \text{ м,}$$

тут $\alpha_s = 9,3 + 0,058t_{cm} = 9,3 + 0,058 \cdot 120 = 24,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні апарата в навколишнє середовище [7].

Приймаємо товщину шару ізоляції $s_i = 0,002 \text{ м}$.

5.2. Гідродинамічний розрахунок апарату

5.2.1. Параметри повітря на виході з сушильної камери

Визначимо густину та в'язкість повітря на виході з сушильної камери.

Густина повітря на виході з сушарки:

$$\rho_t = 1,293 \frac{273}{273 + 125} = 0,87 \text{ кг/м}^3.$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості повітря при температурі 125°C:

$$\mu_t = \mu_0 \frac{273 + C}{T_2 + C} \left(\frac{T_2}{273} \right)^{3/2},$$

де μ_0 - коефіцієнт динамічної в'язкості повітря при температурі 0°C;

C – допоміжний коефіцієнт;

T_2 - температура повітря на виході з сушильної камери, К.

Отже, коефіцієнт динамічної в'язкості повітря при температурі 125°C:

$$\mu_t = \mu_0 \frac{273 + C}{T_2 + C} \left(\frac{T_2}{273} \right)^{3/2} = 17,3 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 124}{398 + 124} \left(\frac{398}{273} \right)^{3/2} = 23,16 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря:

$$\nu_t = \frac{\mu_t}{\rho_t} = \frac{23,16 \cdot 10^{-6}}{0,87} = 26,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

5.2.2. Робоча швидкість повітря

Визначимо критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{gd^3}{\nu_i^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_i}{\rho_i},$$

тут g - прискорення вільного падіння;

d - діаметр гранул таблеткової маси;

ρ_{ν_i} - густина таблеткової маси.

Тоді:

$$Ar = \frac{gd^3}{\nu_i^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_i}{\rho_i} = \frac{9,8 \cdot 2^3 \cdot (10^{-3})^3}{(26,6 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1480 - 0,87}{0,87} = 3978273,$$

де ρ_M - густина гранульованої маси [5].

Критерій Рейнольдса для робочого режиму:

$$Re_p = \frac{Ar \cdot 0,6^{4,75}}{18 + 0,61 \sqrt{Ar \cdot 0,6^{4,75}}} = \frac{3978273 \cdot 0,6^{4,75}}{18 + 0,61 \sqrt{3978273 \cdot 0,6^{4,75}}} = 925,83,$$

Порозність киплячого шару:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot Re_p + 0,36 \cdot (Re_p)^2}{Ar} \right)^{0,21} = \left(\frac{18 \cdot 925,83 + 0,36 \cdot (925,83)^2}{3978273} \right)^{0,21} = 0,5$$

Визначимо робочу швидкість повітря:

$$V_p = \frac{Re_p \cdot \nu_i}{d} = \frac{925,83 \cdot 26,6 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-3}} = 2,93 \text{ м/с.}$$

Критичне значення критерія Ляшенка: $Lu_{кр} = 10^{-4}$

Критична швидкість псевдозрідження:

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt[3]{\frac{Ly_{\text{кр}} \cdot \mu_i \cdot g \cdot \rho_l}{\rho_i^2}} = \sqrt[3]{\frac{10^{-4} \cdot 23,16 \cdot 9,81 \cdot 0,87}{0,87^2}} = 0,4 \text{ м/с.}$$

5.2.3 Діаметр апарату біля газорозподільної

При $\varepsilon=0,5$, обираємо $Ly = 3,2 \cdot 10^{-1}$.

Визначимо площу газорозподільної решітки:

$$S_p = \frac{L(1+x_2)}{\rho_l V_p} = \frac{0,06(1+0,135)}{0,87 \cdot 2,93} = 0,04 \text{ м}^2.$$

Діаметр

$$D = \sqrt{\frac{S_p}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,04}{0,785}} = 0,22 \text{ м.}$$

Виходячи з отриманого діаметру, приймаємо діаметр апарата $B = 0,3 \text{ м}$. Число

псевдозрідження:

$$K_\omega = \sqrt[3]{\frac{Ly}{Ly_{\text{кр}}}} = \sqrt[3]{\frac{3,2 \cdot 10^{-1}}{10^{-4}}} = 15$$

Швидкість газу на повному перерізі решітки:

$$\omega = K_\omega \cdot \omega_{\text{кр}} = 0,4 \cdot 15 = 0,582 \text{ м/с.}$$

5.2.4 Висота киплячого шару

Критерій

$$Pr = \frac{c_p \mu_i}{\lambda_i} = \frac{10^3 \cdot 23,16 \cdot 10^{-6}}{0,035} = 0,66,$$

де λ_i - теплопровідність повітря.

Критерій

$$Nu = 0,4 \left(\frac{Re_p}{\varepsilon} \right)^{0,67} Pr^{0,33} = 0,4 \left(\frac{925,83}{0,5} \right)^{0,67} 0,66^{0,33} = 47,72.$$

Крім того, критерій Нусельта визначається за формулою:

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}, \text{ де } \alpha - \text{коефіцієнт тепловіддачі.}$$

За формулою коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{47,72 \cdot 0,035}{0,005} = 334,04 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Число одиниць переносу:

$$m_0 = \ln \frac{t_1 - \theta_2}{t_2 - \theta_2} = \ln \frac{125 - 70}{75 - 70} = 1,1.$$

Об'єм киплячого шару:

$$V_m = \frac{Lc_n m_0}{\alpha S_{mm} (1 - \varepsilon)},$$

тут S_{mm} - питома поверхня шару, вона визначається наступним чином:

$$S_{mm} = \frac{6}{d_0} = \frac{6}{0,002} = 3000 \text{ м}^{-1}.$$

Повну площу решітки визначимо як:

$$S_{реш} = \frac{L}{\rho_t \cdot \omega} = \frac{0,06}{0,87 \cdot 0,582} = 0,12 \text{ м}^2$$

Враховуючи отриманий результат, обчислимо вираз:

$$V_m = \frac{Lc_n m_0}{\alpha S_{mm} (1 - \varepsilon)} = \frac{0,06 \cdot 1,97 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{334,04 \cdot 3000 (1 - 0,5)} = 0,006 \text{ м}^3.$$

Висота шару [5]:

$$H_{ш} = \frac{V_{ш}}{S_p} = \frac{0,006}{0,04} = 0,15 \text{ м.}$$

Приймаємо висоту апарата (над решіткою):

$$H = 4H_{ш} = 4 \cdot 150 = 600 \text{ мм.}$$

Обираємо діаметр отворів $d_0 = 2 \text{ мм}$, зверху розсвердлені до 4 мм [11].

За практичними даними висота псевдозрідженого шару пов'язана з діаметром отворів наступним чином: $H = 80 \cdot d_0 = 80 \cdot 0,002 = 160 \text{ мм}$. Висота шару, розрахована раніше, та визначена за практичними даними, приблизно рівні. Визначимо кількість отворів розподілюючої решітки [8]:

$$n = \frac{4S_d \phi}{\pi d_0^2} = \frac{4 \cdot 0,04 \cdot 0,1}{3,14 \cdot (0,004)^2} = 265 \text{ отв.}$$

5.2.5. Перевірка умови виносу з апарату дрібних частинок

Приймаємо мінімальний діаметр частинок $d_{min} = 0,5 \text{ мм}$ [8].

Визначимо критерій Архімеда для частинок з цим діаметром за формулою:

$$Ar_{min} = \frac{g d_{min}^3}{\nu_t^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_t}{\rho_t} = \frac{9,8 \cdot 0,5^3 \cdot (10^{-3})^3}{(26,6 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1480 - 0,87}{0,87} = 275742.$$

ра формулою критерій Рейнольдса:

$$Re_{sum} = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}} = \frac{275742}{18 + 0,61\sqrt{275742}} = 815.$$

Визначимо швидкість витання частинок, користуючись формулою:

$$V_{sum} = \frac{Re_{sum} \cdot \nu_t}{d_{min}} = \frac{815 \cdot 26,6 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-3}} = 7,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Швидкість витання частинок більша за робочу швидкість повітря. Тому ми можемо використовувати апарат циліндричної форми.

Переріз сепараційного простору:

$$S_{cen} = 1,1 \cdot S_{resh} \cdot \frac{\omega}{V_{out}} = 1,1 \cdot 0,12 \cdot \frac{0,582}{7,2} = 0,1 \text{ м}^2$$

Діаметр сепараційного простору:

$$D_{cen} = \sqrt{S_{cen} / 0,785} = \sqrt{0,1 / 0,785} = 0,05 \text{ м.}$$

5.2.6. Перевірка умови псевдозрідження частинок максимального розміру

Прийmemo максимальний діаметр частинок $d_{max} = 3,5 \text{ мм.}$

Швидкість повітря поблизу решітки:

$$V_{resh} = V_p \frac{(273 + t_1)}{(273 + t_2)} = 2,93 \frac{273 + 125}{273 + 75} = 3,27 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Швидкість повітря у отворах решітки:

$$V_{от} = \frac{V_{resh}}{\phi} = \frac{3,27}{0,1} = 32,7 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де ϕ - частка живого перетину решітки.

Швидкість псевдозрідження частинок максимального розміру:

$$V_{кр(от)} = \frac{V_{от}}{k} = \frac{32,7}{2,5} = 15,4 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де k - число псевдозрідження.

Критерій Архімеда для частинок максимального розміру визначимо за формулою:

$$Ar_{max} = \frac{g d_{max}^3}{\nu_l^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_l}{\rho_l} = \frac{9,8 \cdot 3,5^3 \cdot (10^{-3})^3}{(26,6 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1480 - 0,87}{0,87} = 2300842.$$

Параметри повітря поблизу решітки при температурі 120°C: -

густина за формулою:

$$\rho_{t2} = 1,293 \frac{273}{273 + 120} = 0,87 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

- динамічний коефіцієнт в'язкості за формулою:

$$\mu_{t2} = 17,3 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 124}{393 + 124} \left(\frac{393}{273} \right)^{3,2} = 44,71 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

- кінематичний динамічний коефіцієнт в'язкості за формулою:

$$\nu_{t2} = \frac{\mu_{t2}}{\rho_{t2}} = \frac{44,71 \cdot 10^{-6}}{0,87} = 64,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

Критерій Рейнольдса визначатимемо з наступної формули:

$$Re_{max} = \frac{Ar_{max}}{1400 + 5,22 \sqrt{Ar_{max}}} = \frac{2300842}{1400 + 5,22 \sqrt{2300842}} = 246,9.$$

Швидкість повітря, що необхідна для зрідження частинок максимального розміру:

$$V_{кр(мах)} = \frac{Re_{max} \nu_{t2}}{d_{max}} = \frac{246,9 \cdot 64,5 \cdot 10^{-6}}{0,0035} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Псевдозрідження частинок максимального розміру забезпечується, оскільки виконується умова $V_{кр(от)} > V_{кр(мах)}$.

5.3 Гідравлічний розрахунок сушарки

5.3.1 Гідравлічний опір сушарки

Гідравлічний опір ΔP складається з наступних складових:

- опір псевдозрідженого шару [10]:

$$\Delta P_{ш} = H_{ш} (1 - \varepsilon) (\rho_{ш} - \rho_f) g = 0,32(1 - 0,5)(1480 - 0,87)9,8 = 1708 \text{ Па};$$

- опір решітки [10]:

$$\Delta P_{реш} = \xi \left(\frac{V_r}{\phi} \right)^2 \frac{\rho_{f2}}{2} = 1,75 \left(\frac{2,93}{0,1} \right)^2 \frac{0,87}{2} = 702 \text{ Па},$$

де ξ - коефіцієнт опору решітки.

Гідравлічний опір обчислюється за наступною формулою:

$$\Delta P = \Delta P_{ш} + \Delta P_{реш}.$$

Обрахуємо цей вираз, враховуючи попередні обчислення:

$$\Delta P = 1708 + 702 = 2410 \text{ Па}.$$

5.3.2 Підбір газодувки

Об'ємна витрата повітря на виході:

$$Q = \frac{L}{\rho_f} = \frac{0,06}{0,87} = 0,126 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За гідравлічним опором та об'ємною витратою повітря обираємо газодувку РГН-1200А, для якої [12]:

- напор 3000 Па;

-продуктивність 0,0167 м³/с.

5.4 Розрахунок штуцерів

Для подачі матеріалу на сушіння, гарячого теплоносія в сушарку та видалення висушеного матеріалу і вихлопу газу з апарату вибираємо штуцери з приварними плоскими фланцями і тонкостінними патрубками для умовного тиску всередині апарату до 0,6 МПа за ОСТ 26 - 1404 - 76 [11].

Діаметр штуцерів для входу та виходу повітря розраховується за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{L}{0,785 w \rho}},$$

де L - масова витрата теплоносія;

w - швидкість руху теплоносія у штуцері;

ρ - густина теплоносія.

Приймаємо:

- швидкість повітря у штуцері на вході $w_1 = 3 \cdot V_{кр(max)} = 12$ м/с [7];

- швидкість повітря у штуцері на виході $w_2 = V_{кр(max)} = 4$ м/с.

Тоді штуцер для входу повітря:

$$d_1 = \sqrt{\frac{0,06}{0,785 \cdot 12 \cdot 0,35}} = 0,141 \text{ м},$$

приймаємо $d_1 = 150$ мм.

Штуцер для виходу повітря:

$$d_2 = \sqrt{\frac{0,06}{0,785 \cdot 4 \cdot 0,87}} = 0,149 \text{ м},$$

приймаємо $d_2 = 150$ мм.

Діаметр штуцера для подачі вологого грануляту розраховуємо за формулою:

$$d_3 = \sqrt{\frac{G}{0,785w\rho}} = \sqrt{\frac{4}{0,785 \cdot 3 \cdot 1480 \cdot 10^3}} = 0,08 \text{ м},$$

де обираємо швидкість подачі грануляту, що обумовлена процесом, $w = 3$ м/год.

Приймаємо $d_3 = 80$ мм.

З метою уніфікації штуцер для виходу висушеного продукту обрано з діаметром $d_4 = 80$ мм.

5.5. Розрахунки апарату на міцність 5.5.1. Розрахунок обичайки,

навантаженої внутрішнім тиском

Розрахуємо товщину циліндричної обичайки апарату [10].

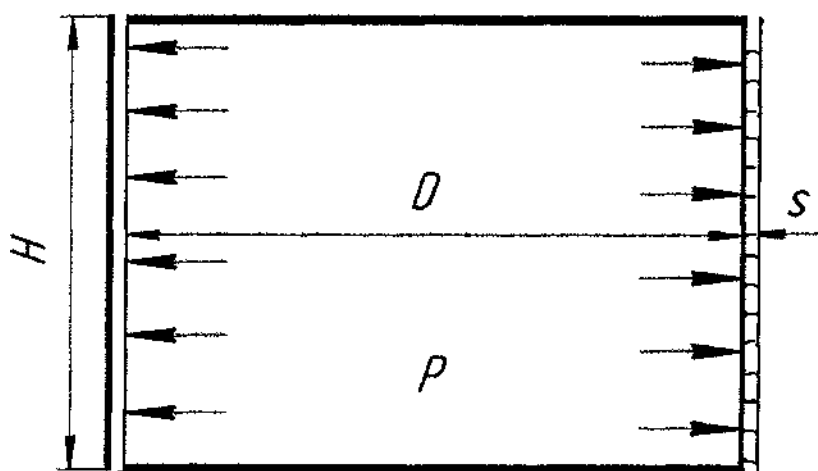


Рисунок 5.5.1. Схема до розрахунку циліндричної обичайки сушарки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском

Товщина стінки обичайки визначається за формулою:

$$S = \frac{DP}{2[\sigma]\phi - P} + c ,$$

де P – робочий тиск;

$[\sigma]$ - допустиме напруження для сталі;

ϕ - коефіцієнт ослаблення зварного шва;

c – поправка до товщини стінки:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = (0,5 + 0,4 + 0 + 0,77) \cdot 10^{-3} = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

$$\text{тут } c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де Π – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $\Pi = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка, яка враховує стоншення листа внаслідок технологічних операцій, приймаємо $c_3 = 0$;

c_4 – прибавка на округлення до стандартного значення.

Обрахуємо формулу:

$$S = \frac{DP}{2[\sigma]\phi - P} + c = \frac{0,3 \cdot 0,3 \cdot 10^6}{2 \cdot 173 \cdot 10^6 \cdot 0,8 - 0,3 \cdot 10^6} + 1,67 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Приймаємо товщину обичайки $S = 2$ мм.

Допустимий тиск з умови міцності розраховується за формулою:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \phi \cdot (S - c)}{D + (S - c)} = \frac{2 \cdot 173 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot (2 - 1,67) \cdot 10^{-3}}{0,3 + (2 - 1,67) \cdot 10^{-3}} = 9,27 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

$0,3 \cdot 10^6 < 9,27 \cdot 10^6$, $P < [P]$, тому умова міцності виконується.

Щоб провести розрахунок обичайки, 3D модель обичайки завантажується у програмне забезпечення «ANSYS», «Static Structural» та вказую площини, які будуть закріплені під час навантаження і площини, на які буде діяти навантаження. Для обичайки апарата проводимо навантаження і в результаті отримаємо епюри напружень і переміщень (Рис. 5.5.1.1).

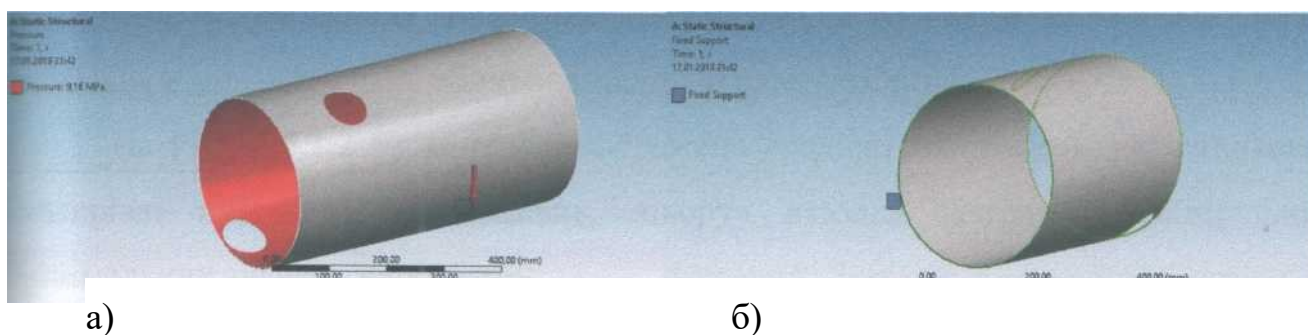
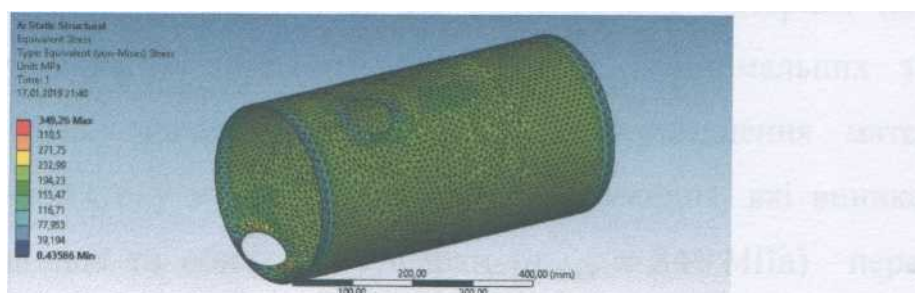
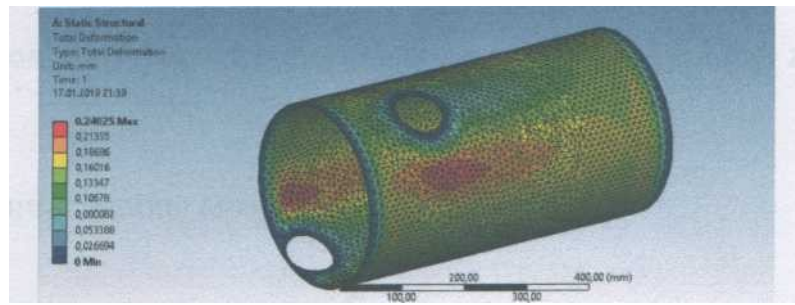


Рис. 5.5.1.1 Картинки закріплення та встановлення тиску в обичайки апарата:

- а) - Тиск що діє на матеріал всередині обичайки; б) - Зафіксовані площини матеріалу обичайки.



а)



б)

Рис. 5.5.1.2 Епюри навантаження обичайки апарата: а) - напруження, що виникають у матеріалі; б) - переміщення матеріалу обичайки під дією навантаження.

На Рис. 5.5.1.2 б) на епюрі зображено градієнт напружень, які виникають у матеріалі під дією навантажень, ліворуч вказана діаграма максимальних і мінімальних значень напружень.

Висновок

На епюрах ми можемо побачити які напруження та деформації відбуваються при І розрахунку обичайки із заданими параметрами (заданими числовими значеннями). На епюрі зображено градієнт напружень, які виникають у матеріалі під дією (іавантажень, ліворуч вказана діаграма максимальних і мінімальних значень (напружень (349,26 МПа, значення та 0,24025 мм переміщення матеріалу). (Аналізуючи епюри розрахунку можна сказати, що напруження, які виникають у матеріалі кінцевого днища та обичайки сушарки ($\sigma_{max} = 349$ МПа) перевищує допустиме значення ($\sigma_T = 276$ МПа). Тому варто змінити товщину стінки, збільшити для того щоб обичайка була працездатна і витримувала задані Завантаження, також можна змінити матеріал що відповідатиме розрахунковим Зараметрам програмного забезпечення «Ansys».

5.5.2. Розрахунок конічного днища, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском

Розрахуємо конічне днище апарату [5].

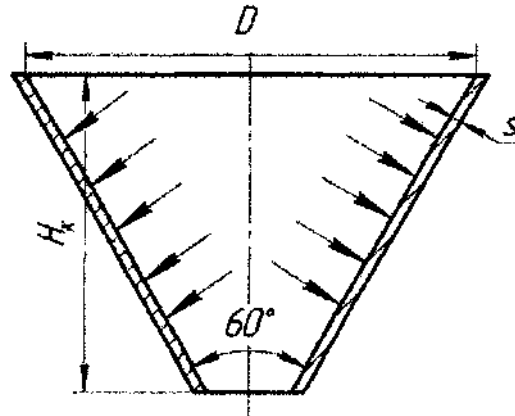


Рисунок 5.5.2. Схема до розрахунку конічного днища сушарки, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском

Товщина стінки конічного днища визначається за формулою:

$$S_k = \frac{D_{кон} P}{2[\sigma] \varphi - P} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1} + c_k,$$

Де $D_{кон} = D - 1,4 a_1 \sin \alpha_1 = 300 - 1,4 \cdot 6 \sin 30^\circ = 295,8 \text{ мм} = 0,2958 \text{ м},$

тут $\alpha_1 = 30^\circ,$

коефіцієнт $a_1 = 0,7 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} (s - c)} = 0,7 \sqrt{\frac{300}{\cos 30^\circ} (2 - 1,67)} = 6 \text{ мм}.$

Тоді

$$S_k = \frac{D_{кон} P}{2[\sigma] \varphi - P} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1} + c_k = \frac{0,2958 \cdot 0,3 \cdot 10^6}{2 \cdot 173 \cdot 10^6 \cdot 0,8 - 0,3 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{\cos 30^\circ} + 1,63 = 2 \text{ мм},$$

тут $c_k = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = (0,5 + 0,4 + 0 + 0,73) \cdot 10^{-3} = 1,63 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$

Приймасмо товщину днища $S_k = 2 \text{ мм}.$

Допустимий тиск з умови міцності розраховується за формулою:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \phi \cdot (S_e - c_e)}{\frac{D_e}{\cos \alpha_1} + (S_e - c_e)} = \frac{2 \cdot 173 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot (2 - 1,63) \cdot 10^{-3}}{\frac{0,2958}{\cos 30^\circ} + (2 - 1,63) \cdot 10^{-3}} = 8,16 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$0,3 \cdot 10^6 < 8,16 \cdot 10^6$, $P < [P]$, тому умова міцності виконується.

Для того, щоб провести розрахунок кінчного днища, 3D модель днища завантажується у програмне забезпечення “ANSYS” вказую площини, які будуть закріплені під час навантаження і площини, на які буде діяти навантаження (Рис. 5.5.2.1).

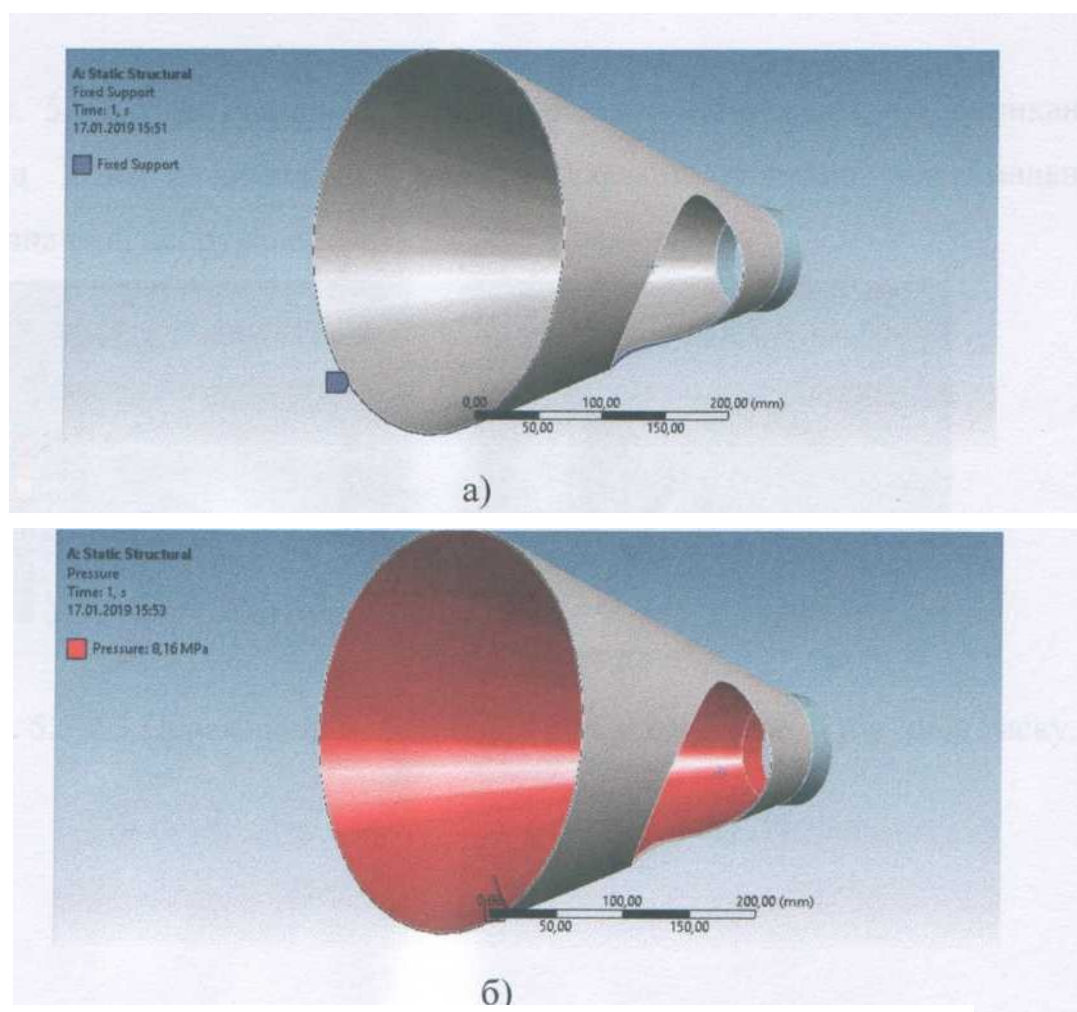


Рис. 5.5.2.1 Навантаження днища однієї секції:

а) - площини фіксації; б) - площини, на які діє навантаження.

Після навантаження конічного днища секції отримаємо епюри напружень та переміщень.

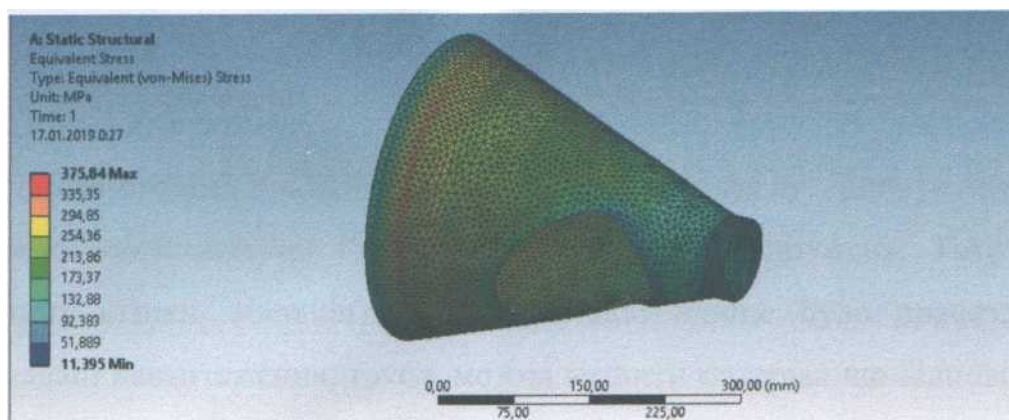


Рис. 5.5.22 Напруження, що виникають у матеріалі під дією тиску.

На Рис. 5.5.2.2 на епюрі зображено градієнт напружень, які виникають у матеріалі під дією навантажень, ліворуч вказана діаграма максимальних і мінімальних значень напружень.

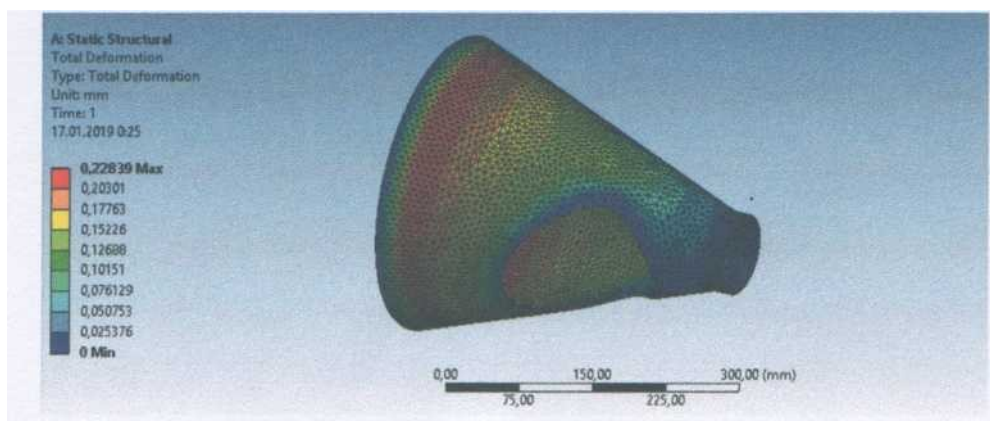


Рис. 5.5.2.3 Переміщення, які виникають у конструкції під дією тиску.

Висновок

Аналізуючи епюри розрахунку можна сказати, що напруження, які виникають у матеріалі конічного днища та обичайки сушарки ($\sigma_{max} = 375$ МПа) які перевищують допустиме значення ($\sigma_t = 276$ МПа), тобто межу текучості, а також, переміщення, що виникають у конструкції днища під дією тиску. Ліворуч на епюрах вказана діаграма максимальних і мінімальних значень напружень. Тому варто змінити товщину стінки, збільшити для того щоб днище було працездатне і витримувало задані навантаження, також можна змінити матеріал що відповідатиме розрахунковим параметрам які я отримав в програмному забезпеченні «Ansys».

5.5.3 Розрахунок плоскої кришки, навантаженої внутрішнім тиском

Розрахуємо плоску кришку апарату [5].

Умова застосування формули наступна: $\frac{s-c}{D} \leq 0,1$,

$$\frac{2-1,67}{300} = 0,0011,$$

$$0,0011 \leq 0,1.$$

Дана умова виконується, тому можна застосувати наступні формули розрахунку плоскої кришки:

$$s_n = KK_0 D \sqrt{\frac{P}{[\sigma] \phi}} + c_n,$$

тут K - 0,5 - розрахунковий коефіцієнт, обирається з таблиці [5],

K_0 - коефіцієнт послаблення кришки отвором,

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{d}{D} + \left(\frac{d}{D}\right)^2} = \sqrt{1 + \frac{160}{300} + \left(\frac{160}{300}\right)^2} = 1,34,$$

$$c_n = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = (0,5 + 0,4 + 0 + 1,7) \cdot 10^{-3} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м - прибавочний коефіцієнт.}$$

Тоді

$$s_r = \hat{E} \hat{E}_0 D \sqrt{\frac{P}{[\sigma] \phi}} + \hat{n}_r = 0,5 \cdot 1,34 \cdot 0,3 \sqrt{\frac{0,3 \cdot 10^6}{173 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} + 2,6 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ мм.}$$

Приймаємо товщину кришки $S_{кр} = 2 \text{ мм.}$

Допустимий тиск з умови міцності розраховується за формулою:

$$[P] = \left(\frac{s_n - c_n}{KK_0 D} \right)^2 [\sigma] \phi = \left(\frac{(12 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 1,34 \cdot 0,3} \right)^2 173 \cdot 10^6 \cdot 0,8 = 0,42 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$0,3 \cdot 10^6 < 0,42 \cdot 10^6$, $P < [P]$, тому умова міцності виконується.

5.5.4 Перевірка розподільчої решітки на міцність

Перевіримо обрану раніше розподільчу решітку на міцність.

Допустимий тиск на круглій решітці визначимо за формулою:

$$[P] = \frac{\varphi_0^2 [\sigma] s^2}{K^2 D^2},$$

тут φ_0 - коефіцієнт ослаблення решітки;

$K = 0,12$ - допоміжний коефіцієнт, обирається в залежності від конструкції решітки [8].

Розташування отворів обрано шахове. При такому розташуванні коефіцієнт ослаблення решітки розраховується за формулою [9]:

$$\varphi_0 = \frac{1 - \frac{2d}{\sqrt{t^2 + t_1^2}}}{\sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{t^2}{t^2 + t_1^2} \right)^2}} = \frac{1 - \frac{2 \cdot 4}{\sqrt{100 + 100}}}{\sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{100}{100 + 100} \right)^2}} = 0,48,$$

тут $d = 4$ мм - діаметр отворів решітки;

$t = t_1 = 10$ мм — кроки отворів решітки.

Обрахуємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{\varphi_0^2 [\sigma] s^2}{K^2 D^2} = \frac{0,48^2 \cdot 173 \cdot 10^6 \cdot 0,012^2}{0,12^2 \cdot 0,3^2} = 4,4 \text{ МПа.}$$

$0,3 \cdot 10^6 < 4,4 \cdot 10^6$, $P < [P]$, тому умова міцності виконується.

5.5.5 Перевірка несучої спроможності апарату під дією опорних навантажень

Обчислимо масу апарату. Вона складається з наступних складових: -

маса циліндричної обичайки:

$$\text{кг, } M_a = 0,785 \cdot (D_3^2 - D^2) \cdot H \cdot \rho_{ст.} = 0,785 \cdot (0,304^2 - 0,3^2) \cdot 1,6 \cdot 7900 = 24 \text{ кг,}$$

де H -висота циліндричної обичайки;

$\rho_{ст.}$ - густина сталі;

D_3 - зовнішній діаметр обичайки, $D_3 = D + 2S = 300 + 4 = 304$ мм; - маса плоскої

кришки:

$$M_k = 0,785 \cdot D^2 \cdot S \cdot \rho_{ст.} = 0,785 \cdot (0,3^2) \cdot 0,002 \cdot 7900 = 6,7 \text{ кг;}$$

- маса конічного днища:

$$M_k = \rho \cdot V = 7900 \cdot 0,01 = 79 \text{ кг,}$$

$$\begin{aligned} \text{Де } V &= \frac{\beta}{\gamma} \left[s_k a_1 (2R - a_1) + s_k \left((R - a_1)^2 - r^2 \right) \right] \\ &= \frac{3,14}{2} \left[2 \cdot 6 \cdot 10^{-6} (2 \cdot 295,8 - 6) \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3} \left((295,8 - 6)^2 \cdot 10^{-6} - 80 \cdot 10^{-3} \right) \right] = 0,01 \text{ м}^3, \end{aligned}$$

$$\text{тут } R = \frac{D_{кон}}{2 \sin \alpha_1} = \frac{0,2958}{2 \sin 30^\circ} = 0,2958 \text{ м - радіус розгортки,}$$

$$r = \frac{d}{2 \sin \alpha_1} = \frac{0,08}{2 \sin 30^\circ} = 0,08 \text{ м - внутрішній радіус розгортки,}$$

$$R \cdot \beta = \pi D_{кон} \Rightarrow \beta = \pi - \text{кут конусності.}$$

- маса допоміжного обладнання (завантажувальні та розвантажувальні пристрої, фланці штуцера, газорозподільна решітка) приймається 30% від маси основних частин апарата.

Тоді повна маса апарата:

$$M = 1,3(M_{\text{об}} + M_n + M_k) = 1,3(24 + 6,7 + 79) = 142,6 \text{ кг.}$$

Вага апарата:

$$G = Mg = 142,6 \cdot 9,8 = 1397,48 \text{ Н} \approx 1,4 \text{ кН.}$$

Приймаємо, що апарат встановлений на чотирьох опорах. Тоді навантаження, що припадає на одну опору, становить:

$$Q_{\text{оп}} = \frac{G}{4} = \frac{1,4}{4} = 0,35 \text{ кН.}$$

Обираємо опорні лапи типу 2 та конструкцію опор типу А з допустимим навантаженням 1,6 кН [5]. Схема опорної лапи представлена на рисунку 5.9.1.

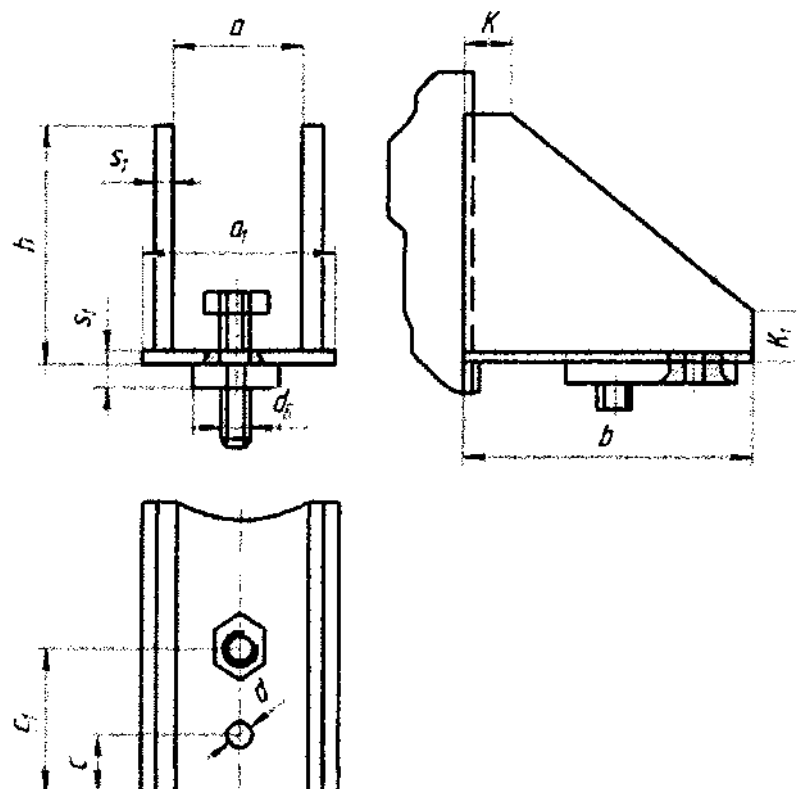


Рисунок 5.5.5. Схема опорної лапи.

Обираємо коефіцієнти для розрахунку несучої спроможності опор:

$$a = 60 \text{ мм}; a_1 = 68 \text{ мм}; b = 77 \text{ мм}; h = 115 \text{ мм}; s_1 = 8 \text{ мм}; k = 20 \text{ мм};$$

$$c = 20 \text{ мм}; c_1 = 45 \text{ мм}; \kappa_1 = 25 \text{ мм}; d_1 = 17 \text{ мм}; d_2 = 20 \text{ мм}.$$

Розрахункове навантаження на одну опору визначають за формулою:

$$Q = \frac{\lambda_1 G}{n} + \frac{\lambda_2 M}{(D + 2e)},$$

де у випадку чотирьох опор $\lambda_1 = 2$, $\lambda_2 = 1$;

$$e = 0,5(b + f_{\max} + s + s_u) = 0,5(195 + 12 + 105) = 153 \text{ мм}.$$

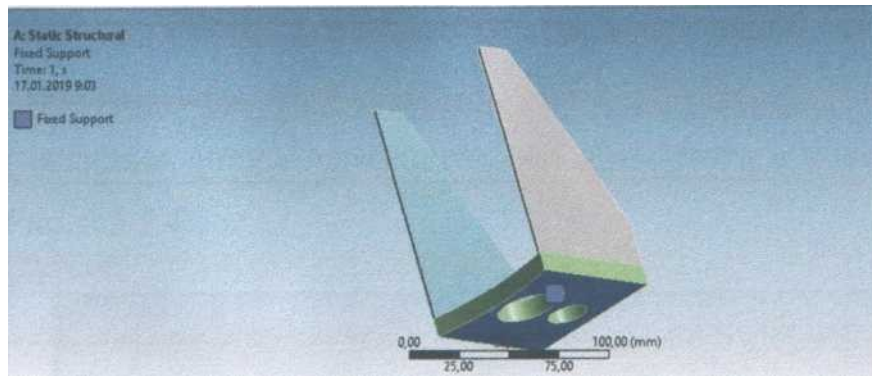
Приймаємо вигинаючий момент $M = 0,25 \text{ Нм}$. Тоді:

$$Q = \frac{\lambda_1 G}{n} + \frac{\lambda_2 M}{(D + 2e)} = \frac{2 \cdot 0,35 \cdot 10^3}{4} + \frac{1 \cdot 0,25}{(300 + 2 \cdot 153)} = 12,15 \text{ кН}.$$

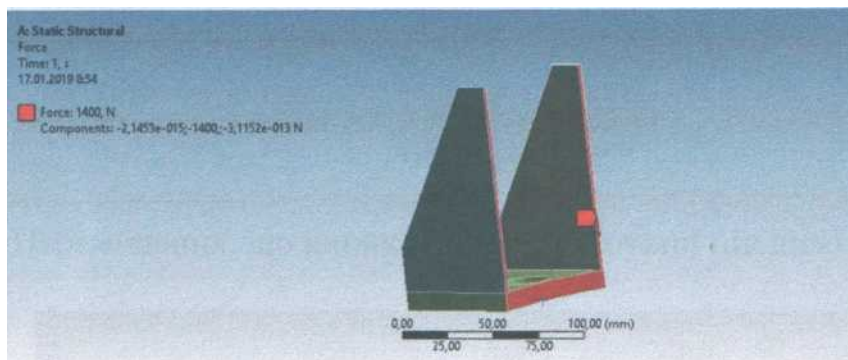
Перевірку стінки вертикального апарату під опорою лапою без підкладного листа не виконуємо, оскільки при існуючих в апараті температурних навантаженнях та тепловій ізоляції опора повинна виконуватись із підкладним листом.

Для розрахунку сушарки на міцність у даному курсовому проєкті використовується програмне забезпечення “ANSYS”. У програмному забезпеченні даний апарат розділений на частини. З конструктивної точки зору обрані місця виникнення і найбільших напружень у матеріалі та виконаний розрахунок навантаження цих місць.

[Щоб провести розрахунок опори, 3D модель опори завантажується у програмне забезпечення “ANSYS” для опори обирається відповідний матеріал та вказуються площини, які будуть закріплені під час навантаження і площини, на які буде діяти навантаження (Рис. 5.5.5.2).



а)



б)

Рис. 5.5.5.1 Навантаження опори:

а) - площини фіксації; б) - площини, на які діє навантаження.

Після навантаження розглядаються епюри напружень та переміщень, що виникають у матеріалі.

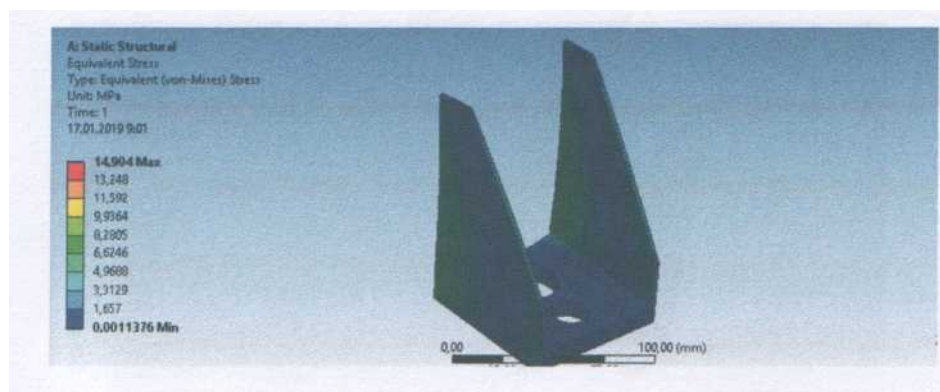


Рис. 5.5.5.2 Напруження, що виникають у матеріалі опори під час навантаження.

На діаграмі ліворуч Рис. 5.5.5.3, зображені напруження, які виникають у матеріалі, у вигляді градієнту.

Також розглядається еюра переміщень, які виникають у конструкції під час навантаження (Рис. 5.5.5.4).



Рис. 5.5.5.3 Переміщення, що виникають у конструкції під дією навантаження.

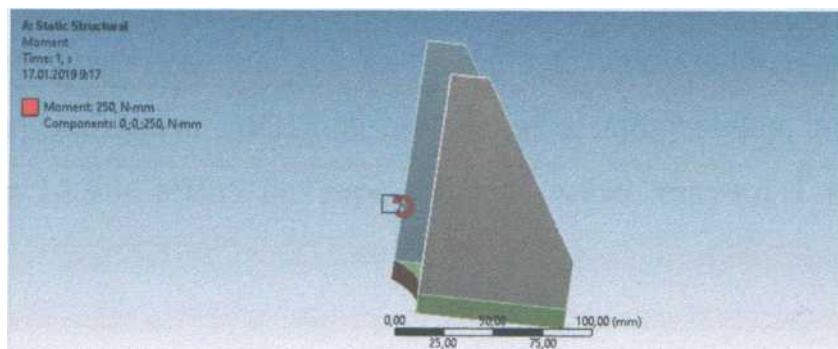


Рис. 5.5.5.4 Вигинаючий момент що діє на опору (показ напрямку моменту).

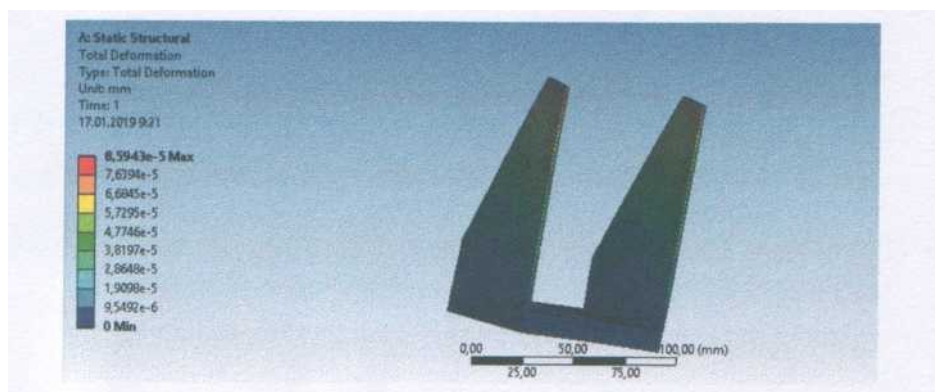


Рис. 5.5.5.5 Переміщення, що виникають у конструкції під дією навантаження під час вигинаючого моменту.

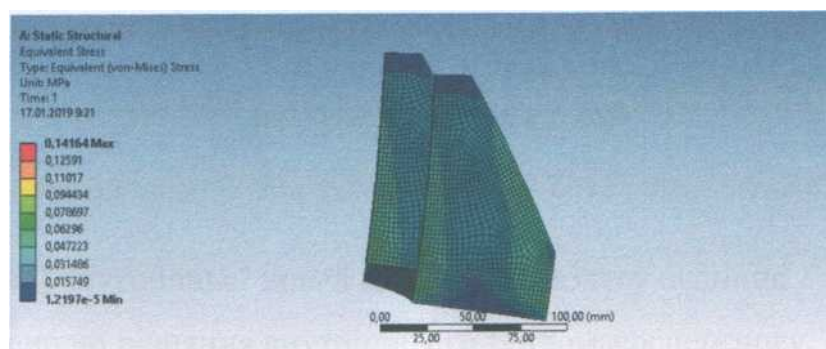


Рис. 5.5.5.6 Напруження, що виникають у матеріалі опори під час навантаження під час вигинаючого моменту.

Висновок

Аналізуючи епюри наведені вище, можна сказати, що дані опорні лапи витримують задані навантаження, так як найбільші переміщення, що виникають у конструкції не перевищують довідкові значення, а напруження, що виникають у матеріалі ($\sigma_{max} \sim 14,904$ МПа) не перевищують межі текучості матеріалу ($\sigma_m = 276$ МПа).

6. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ТА МАСОПЕРЕДАЧА ПРИ ВИРІШЕННІ ВНУТРІШНЬОЇ ЗАДАЧІ

При вирішенні внутрішньої задачі для опису процесу сушіння використовують основні рівняння внутрішнього тепломасопереносу, які отримані при розгляді переносу деякого потенціалу Π . В загальному випадку щільність потоку переносу \vec{Q} має конвективну складову $\Pi \vec{v}$ і складову \vec{j} обумовлену прагненням системи до рівноваги в якому потенціал Π для різних точок системи однаковий. $\vec{Q} = \Pi \vec{v} + \vec{j}$

Виділимо в тілі об'єм V , обмежений поверхністю і складемо для нього баланс потенціалу Π .

$$\int_V \frac{\partial \Pi}{\partial \tau} dV = - \oint_S (\vec{Q} dS) + \int_V x dV$$

Застосовуючи теорему Остроградського_Гаусса і зводячи поверхневий інтеграл в правій частині до об'ємного можна отримати:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \tau} + (\nabla \cdot \Pi \vec{v})$$

Процес сушіння обумовлений переносом вологи і тепла, в якості потенціал а переносу Π розглянемо щільність вологи і щільність тепла.

При конвективному переносі вологи нехтуємо конкретизуючи таким чином рівняння отримаємо:

$$\rho_m \frac{\partial U}{\partial \tau} = (\nabla \cdot \Pi \vec{j}_m) + \chi_m$$

$$\rho_{mc} \frac{\partial T}{\partial \tau} = -(\nabla \cdot \Pi \vec{j}_T) + \chi_T$$

Щільність потоку теплоти визначається згідно закону Фур'є: $\vec{j}_T = -\lambda_t \nabla T$

Щільність потоку вологи визначається градієнтом вологостримання і градієнтом температури.

Слід відмітити що вираз не враховує фільтраційний переніс вологи який обумовлений градієнтом тиску ∇P

Щільність потоку вологи запишемо через критерій фазового перетворення E:

$$\chi_m = \rho_m E \frac{\partial U}{\partial \tau}$$

Критерій фазового перетворення E визначається як відношення зміни концентрації вологи визвано фазовим переходом до загальної зміни концентрації вологи. Із визначення слідує $0 \leq E \leq 1$.

Якщо переміщуюча волога являється рідиною. То $E=0$; якщо паром, то $E=1$.

Аналогічно запишемо щільність стоку теплоти: $\chi_T = \rho_m r_p E \frac{\partial U}{\partial \tau}$

При інтенсивній сушці всередині матеріалу можуть виникнути значні градієнти тиску, що впливає на перенос вологи. Окрім того якщо врахувати тепло, винесене із тіла випарованою рідиною то вираз для приймає вигляд:

$$\vec{j}_T = -\lambda_t \nabla T + I \vec{j}_m$$

$$\vec{j}_m = -a_{m,p} (\nabla U + \delta \nabla T) - \lambda_p \nabla P$$

Де I - ентальпія вологи; - коефіцієнт фільтраційного переносу вологи: ; ∇P -

градієнт тиску; $\lambda_p \nabla P$ фільтраційна складова потоку рідини що відповідає закону Дарсі.

Якщо допустити що температура вологи рівна температурі тіла і використовувати ті ж самі припущення про постійності коефіцієнтів що були прийняті раніше то можна отримати наступну систему рівнянь:

$$\begin{aligned}\frac{\partial U}{\partial \tau} &= a_m \nabla^2 U + a_m \delta \nabla^2 T + \frac{\lambda_p}{\rho_m} \nabla^2 p \\ \frac{\partial T}{\partial \tau} &= \frac{r_{II} E}{c} a_m \nabla^2 U + \left(a + \frac{Er_{II}}{c} a_m \delta \right) \nabla^2 T + Er_{II} \frac{a_m}{c} \delta_p \nabla^2 p \\ \frac{\partial T}{\partial \tau} &= -\frac{Ea_m}{c_p} \nabla^2 U - \frac{Ea_m}{c_p} \delta \nabla^2 T + \left(a_p + \frac{Fa_m}{c_p} \delta_p \right) \nabla^2 p\end{aligned}$$

В наслідок того що коефіцієнти в дійсності не постійні а залежать від вологовмісту і температури рішення цієї системи надає великі складнощі.

Тому для вирішення системи використовують ЕВМ. До системи можна також пристосувати апарат теорії подібності для отримання безрозмірних залежностей. Звернемось знову до системи і введемо відносні змінні.

$$T = \frac{T - T_0}{T_\infty - T_0}; \quad U = \frac{U_0 - U}{U_0 - U_\infty}$$

0 - початкове значення потенціалу; ∞ - значення потенціалу в обтікаючому тілі і потоку.

Система відносних змінних приймає вигляд:

$$\begin{aligned}\frac{\partial U}{\partial F_0} &= L_n \nabla^2 U - LmP_n \nabla^2 T \\ \frac{\partial T}{\partial F_0} &= \nabla^2 T - EK_0 \frac{\partial U}{\partial F_0}\end{aligned}$$

Рівняння диференційне, параболічного типу. Як видно із цих рівнянь процес переносу вологи в матеріалі впливає градієнт температури.

Механізм цього процесу слід розглянути детальніше. Цей процес визначається а) молекулярною термодифузиею (у вигляді пару)

викликаною різною енергією, а відповідно і різними швидкостями молекул гарячих і холодних зон матеріалу.

б) капілярною провідністю визначеною різницею капілярних потенціалів які

залежать від поверхневого натягу, зменшуються ростом температури; в) провідністю - наслідок повітря в порах при нагріванні розширюється і видавлює рідину в менш гарячі слої. Багатогранність видів переносу внутрішньої вологи апроксимує ефективні рівняння дифузії:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \lambda_e \cdot \nabla^2 C$$

C – концентрація вологи всередині тіла; λ_e - ефективний коефіцієнт дифузії, визначений експериментально.

Гранична умова означає рівність щільності потоку вологи в тілі біля границі, щільності потоку вологи від тіла в парогазовій суміші, біля самої границі тіла. Якщо описувати процес зовнішньої масовіддачі детально, розглядаючи рух пару від поверхні тіла, то замість граничної умови з'являється гранична умова четвертого роду, яке має сенс рівності значення концентрації і рівності щільності потоку на границі розділення фаз. Для вирішення рівняння необхідно знати ще про розподілення вологостримування в тілі в початковий момент часу

$$C \big|_{\tau=0} = C(x, y, z)$$

де, x, y, z – координати точки в тілі.

Розподілення вологовмісту в тілі в початковий момент.

$$C \big|_{\tau=0} = C_n = const$$

Рішення рівняння залежить від граничних і початкових умов, а також форми тіла.

Для безкінечного циліндру у випадку вісе-симетричної задачі (радіус циліндра)

Необхідний час сушіння або час за яке буде досягнуто кінцевий вологомiст матеріалу визначається кінетикою сушки в конкретних умовах. Кінетичну криву сушки можна описати приближеними методами або усереднити по об'єму рівняння

динаміки, наприклад рівняння динаміки у випадку комплексної задачі. Після усереднення по об'єму маю наступне рівняння кінетики сушки відносно середньої концентрації вологи в тілі C .

$$\bar{C}(\tau) = C_{\infty} + 2(C_H - C_{\infty}) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin^2 \mu_k}{\mu_k (\sin \mu_k \cos \mu_k + \mu_k)} e^{-\frac{\mu_k^2 \lambda^2 \tau}{r_0^2}}$$

Відмітимо дві особливості формул. Ці формули витікають із рівняння дифузії, записаного відносно концентрації вологи C (в $\text{кг}/\text{м}^3$); в розрахунках процесів сушки користуються поняттям вологостримування матеріалу U , тому не слід забувати зробити необхідний розрахунок.

$$\bar{U}(\tau) = \frac{\bar{C}(\tau)}{\rho_M}$$

Необхідний час сушіння повинен визначатись по середньому кінцевому вологостримуванню, \bar{U}_k (з урахуванням або без урахування його дисперсії).

$$\bar{U}_k = \overline{U(\tau_k)} = \int_0^{\tau_k} \bar{U}(\tau) / (\tau) d\tau$$

$$\sigma^2_{U_k} = \overline{U_k^2} - \bar{U}_k^2 = \int_0^{\tau_k} f(\tau) [\bar{U}(\tau)^2] d\tau$$

Якщо є обмеження по кінцевому вологостримуванню, то τ_H знаходиться із рівняння:

$$\gamma = \int_0^{\tau(\bar{U}_k)} f d\tau$$

де, γ - частка частинок маючих вологовміст менше потребуємого \bar{U}_k ; $\tau(U)$ - функція, обернена кінетичної залежності $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$

Аналогічно можна врахувати і розподілення частинок по часу їх перебування в апараті для термобільних матеріалів.

7. РЕКОМЕНДАЦІЇ З МОНТАЖУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

На площадці підготовки обладнання до монтажу та на місці монтажу необхідно встановити пожежний щит, укомплектований пожежним інвентарем, встановити ящик з піском та не менше двох вогнегасників в кожному з вище перерахованих місць.

Після звільнення сушарки з псевдозрідженим шаром матеріалу від висушеного матеріалу її миють. Для миття використовують сульфамінову кислоту 1%. Цей миючий розчин розм'якшує і розчиняє відкладення. Значення рН розчину знаходиться в межах 1 - 2. Робоча температура 60°C. Час впливу від 2 до 6 годин у залежності від величини відкладень.

Температура нагрітих поверхонь обладнання та трубопроводів на робочих місцях не повинна перевищувати 45°C. Для попередження опіків та зменшення виділення тепла застосовується теплоізоляція.

Трубопроводи за своєю конструкцією, матеріалом та механічною міцністю повинні відповідати умовам роботи та специфічним властивостям продуктів, що по ним транспортуються. Для зручності орієнтування трубопроводи фарбуються у різні кольори згідно ГОСТ 14202-69; вода-зелений; пара - червоний; повітря - синій; гази горючі та негорючі — жовтий; кислоти - оранжевий; луги - фіолетовий; інші речовини (поживне середовище, культуральна рідина та ін.) - сірий. Протипожежні трубопроводи фарбуються у червоний колір. При прокладанні трубопроводів враховують необхідність спостереження за їх робочим станом, перевірки герметичності, чим знижують небезпечність їх пошкодження.

Апарат збирається в наступному порядку. При монтажі апарат приварюється до чотирьох опор типу лапи, які попередньо закріплені на металоконструкції. До корпусу апарату приварюються кришка, решітка та днище.

Переконавшись в готовності змонтованого обладнання випробувати апарат вхолосту.

Після наладки та монтажних випробувань провести зовнішній огляд корпусу перед пуском установки.

8. РІВЕНЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ

Одним з важливих етапів на стадії організації виробництва продукції є прискорення його технічної та конструкторської підготовки. У плані пришвидшення конструкторської підготовки виробництва на підприємствах мікробіологічної, фармацевтичної та харчової промисловості велике значення має послідовність проектування устаткування і виробів. Приведена вище послідовність здійснюється на основі стандартизації й уніфікації відповідних деталей і вузлів.

Під стандартизацією розуміється встановлення обов'язкових вимог до виробів, методів, термінів і інших об'єктів. Стандартизація обмежує їхню розмаїтість доцільним мінімумом окремих типорозмірів. Також вона дозволяє агрегувати технологічне устаткування у відповідні технологічні схеми.

Метою стандартизації є створення системи нормативно-технічної документації, що визначатиме прогресивні вимоги до продукції, що виготовляється, до її розробки, виробництва та застосування, а також контроль за достовірністю використання цієї документації.

Під уніфікацією розуміють процес приведення продукції, засобів виробництва або їх елементів до єдиної форми, розмірів, структури, складових з метою раціонального скорочення конструкцій, виробів, розмірів і параметрів, різновидів технологічних операцій і процесів, і т. д. За рахунок стандартизації й уніфікації можна домогтися обмеження застосування оригінальних деталей і вузлів.

Якісною оцінкою даних понять служать рівень стандартизації й уніфікації, обумовлений як відношення числа позицій деталей і складальних одиниць, на які передбачений стандарт до загального числа позицій одиниць, деталей і виробів у специфікації. Так для виробів, що розробляються рівень стандартизації й уніфікації дорівнює 88% і 47%, відповідно.

Застосування стандартів сприяє поліпшенню якості продукції, підвищенню рівня уніфікації і взаємозамінності, розвитку автоматизації виробничих процесів, росту ефективності експлуатації і ремонту виробу.

При розробці теплообмінника використана максимально можлива кількість стандартних, нормалізованих та уніфікованих деталей. За рахунок цього вдалося суттєво зменшити витрати на виготовлення апарату та заміну його частин при ремонті [23].

В даному теплообміннику стандартизовано наступні вузли та деталі:

- фланці ДСТУ/ГОСТ 12820:2008;
- болти ДСТУ/ГОСТ 7798:2008;
- гайки ДСТУ/ГОСТ 5915:2008;
- шайби ГОСТ 18123-82;
- прокладки ГОСТ 481-80.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{D_y}{D_{\text{заг}} - D_c} = \frac{20}{364 - 321} = 0,47,$$

де $D_y = 20$ - кількість уніфікованих деталей; $D_{\text{заг}} = 364$ - загальна кількість деталей; $D_c = 321$ - кількість стандартизованих деталей.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{D_c}{D_{\text{заг}}} = \frac{321}{364} = 0,88.$$

9. ОПИС ТА НОВИЗНА КОНСТРУКЦІЇ РЕШІТКИ СУШАРКИ ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ

Вибір проектування та вдосконалення решітки сушаки псевдозрідженого шару очевидним, тому що за допомогою розподільчої решітки відбувається висушування матеріалу. Було обрано даний конструктивний елемент який необхідно вдосконалити для того щоб процес сушіння пришвидшився і був максимально ефективним.

Актуальність даної роботи полягає у підвищенні ефективності сушіння сипучих органічних матеріалів шляхом подальшого розвитку і вдосконалення конструктивних рішень складових вузлів сушильних агрегатів, вибору та обґрунтування раціональних режимів їх роботи, що сприятиме отриманню якісної вихідної продукції. Підвищення ефективності процесу сушіння сипучих матеріалів органічного походження, шляхом розробки конструкції сушарки та вибору раціональних режимів здійснення тепломасообмінних процесів при сушінні сировини з врахуванням впливу вібраційних коливань і потоку повітря. Провести аналізу існуючих способів і засобів сушіння зернових культур і їх класифікація, обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему.

Об'єктом дослідження є тепло- і масообмінні процеси в сушильному устаткуванні. Процеси зневоднення та грануляції у псевдозрідженому шарі відносяться до складних процесів тепло - і масообміну. Це зумовлено хаотичною природою руху частинки у псевдозрідженому шарі з одночасним існуванням локальної зони нанесення робочого розчину на поверхні частинок, а також зони інтенсивного теплообміну біля газорозподільного пристрою.

При цьому відбувається кристалізація розчину на поверхні гранул, часткове стирання новоутвореного на поверхні шару та винос пилу з теплоносієм із апарату. Одночасно проводиться вивантаження гранульованого продукту з апарату та подрібнення частини великих гранул в шарі внаслідок чого

встановлюється баланс частинок за кількістю новоутворених і вивантажених частинок.

Стійкий безрецикловий процес гранулоутворення відбувається завдяки визначеним технологічним параметрам та організації роботи псевдозрідженого шару. Визначальним для проведення процесу гранулоутворення з рідких систем є спосіб реалізації процесів переносу. Тобто утворення гранул з композитних розчинів повинно відбуватися за рахунок багатократної пошарової кристалізації мінеральних компонентів та співосадження органічних речовин на їх поверхні при повній відсутності агломерації. Це дозволить отримати гранули з рівномірним розподілом компонентів по їх об'єму і прогнозувати кінетику параметри процесу гранулоутворення.

Згідно технологічного процесу у сушарку на сушіння поступає гранульована волога маса для таблетування, яку необхідно висушити від вмісту вологи 10% до 5%.

Корисна модель відноситься до розподільчих пристроїв сушарки псевдозрідженого шару. Решітка псевдозрідженого шару застосовується в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях. Відома решітка апарата псевдозрідженого шару містить кільцевий каркас із змонтованими на ньому з нахилом до горизонталі та із зазором одна відносно одної прямими пластинами, між якими встановлено дистанційні елементи. Недоліком є те, що вона не забезпечує якісне висушування матеріалу.

Найбільш близьким до пропонованої корисної моделі є технічне рішення патент України «Розподільна решітка апарата псевдозрідженого шару» №28579, МПК В01J 8/24 опублік. 10.12.2007, що містить дві розташовані одна над одною пластини з отворами, одну з яких оснащено механізмом зміщення відносно другої. Зазначена конструкція дозволяє регулювати живий переріз решітки на різних її ділянках. Недоліком є те, що вона не забезпечує якісне висушування матеріалу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення решітки сушарки псевдозрідженого шару шляхом введення нового конструктивного виконання, що забезпечить ефективне висушування матеріалу.

Поставлена задача вирішується тим, що решітка сушарки псевдозрідженого шару, яка складається з диску з отворами під кутом 45° які розташовані по спіралі Архімеда.

Новим є те що, що решітка через яку проходить повітря має похилі отвори, які розташовані по спіралі Архімеда для створення вихрових потоків під час висушування матеріалу.

Решітка сушарки псевдозрідженого шару містить диск з нахиленими під кутом отворами до корпусу апарату, для вводу в сушильну камеру повітря. Отвори в решітці сушарки псевдозрідженого шару розташовані по спіралі Архімеда (Рис. 8).

Сутність корисної моделі пояснюється кресленням, де на Рис. 9 зображено диск із отворами, на Рис. 9.1 переріз диску з отворами.

Решітка складається з диска 1, який має похилі отвори 2. Вихідні отвори, розташовані по лініях спіралі в межах радіусу решітки, які починаються з центру. Швидкість повітря, що виходить з отворів, розділяється на дві складові частини - вертикальну і радіальну. Швидкість потоку псевдозрідженого повітря, що виходить з каналів, розташовано в периферійній зоні в площині розкладається на вертикальну і горизонтальну складові. Вектор горизонтальної складової, що складається з радіального і тангенціального напрямку. Ці вектори визначають направлений рух частинок. Частини матеріалу, потрапляючи в центральну зону решітки під дією вертикальної складової швидкості, приводяться до псевдзрідженого стану, а за рахунок радіальної складової швидкості - від центра в периферійну зону. У периферійній зоні здійснюється поступовий перехід від радіального переміщення до тангенціального.

Решітка сушарки псевдозрідженого шару

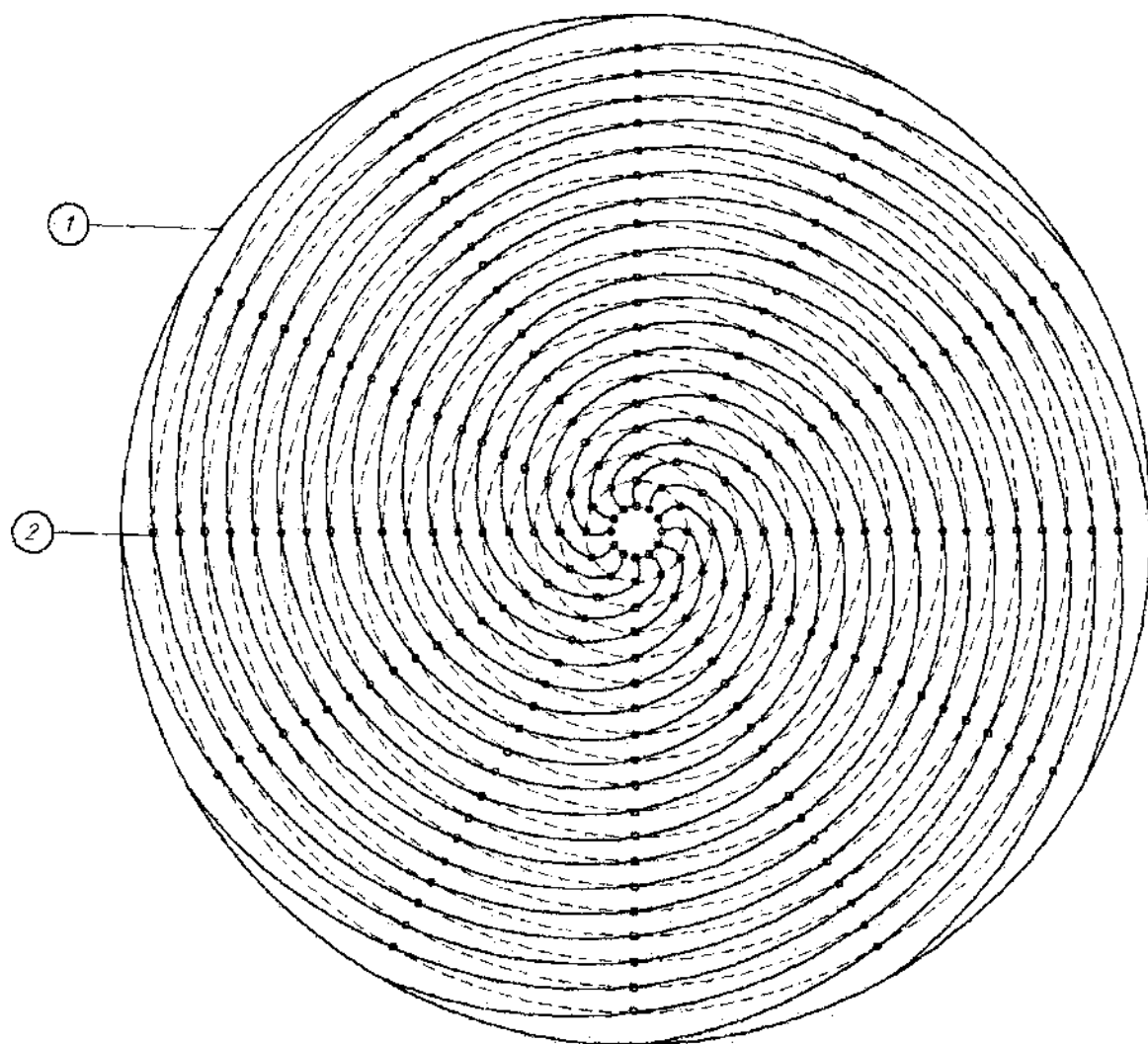


Рис. 9

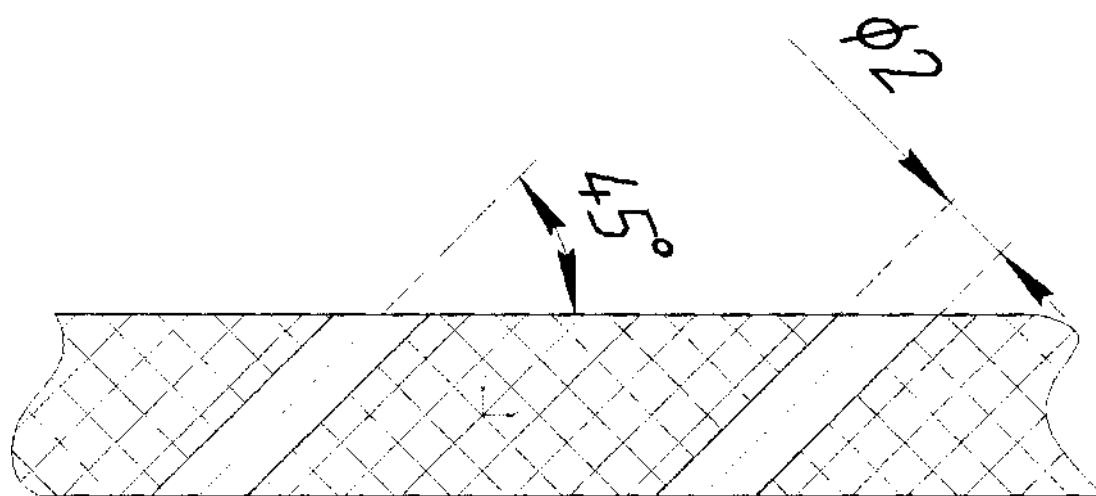


Рис. 9.1

Тангенціальний вектор швидкості забезпечує закручування шару матеріалу від центру решітки до периферії, таким чином забезпечує ефективний рух середовища та відсутність застійних зон у всьому об'ємі апарату.

Решітка працює в такий спосіб: знизу через отвори на решітку подають тепле повітря за допомогою калориферу для висушування матеріалу. В результаті чого матеріал висушується, а в камері утворюються циркуляційні траєкторії руху гранул матеріалу та повітря, що призводить до інтенсивної упорядкованої циркуляції матеріалу потоком повітря.

В камері матеріал висушується за допомогою вихрових потоків які виникають в циркуляційних контурах під час висушування.

Пропонована решітка нескладна у виготовленні та експлуатації, значно розширює технологічні можливості сушарки псевдозрідженого шару.

10. СТАРТАП

10.1 Опис ідеї проекту

Процес сушіння використовується в багатьох технологічних процесах промисловості. Об'єктами сушіння можуть бути різноманітні матеріали на різних стадіях їх переробки (сировина, напівфабрикати, готові вироби). Метою сушіння є покращення фізико-механічних властивостей матеріалу або надання нових, зниження його ваги, покращення транспортабельності матеріалу тощо. Важливою стадією багатьох технологічних процесів, які застосовують у хімічній, фармацевтичній та інших галузях промисловості України є сушіння, на яке витрачається значна кількість енергетичних ресурсів. В більшості випадків на процеси сушіння використовується у 2,5-3 рази більше енергії від необхідної для перетворення вологи у пару, що свідчить про недосконалість технології сушіння є типовим необоротним процесом, для аналізу якого доцільно використати основні принципи термодинаміки необоротних процесів.

Таблиця 1.

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Модернізація сушарки псевдозрідженого шару	Харчова промисловість	Оптимізація сушильного процесу
	Фармацевтична промисловість	Ефективна підготовка матеріалу для подальшого використання на лінії виробництва
	Хімічна промисловість	Ефективне використання енергетичних ресурсів

Анальгін є масово поширеним препаратом, і виробляється багатьма фармацевтичними підприємствами протягом тривалого часу. Але технології виготовлення фармацевтичних препаратів постійно розвиваються і, що

найголовніше, постійно підвищуються вимоги та стандарти, яким мають відповідати будь-які фармацевтичні виробництва та їх продукти, В зв'язку з цим виникає постійна необхідність вдосконалення та автоматизації установок і апаратів для покращення якості продукції, відповідності продукції міжнародним стандартам, збільшення її конкурентоспроможності та рентабельності виробництва.

Апарат відрізняється від існуючих аналогів та замінників тим що має вдосконалену форму решітки.

Згідно технологічного процесу у сушарку на сушіння поступає гранульована волога маса для таблетування, яку необхідно висушити від вмісту вологи 10% до 5%.

Псевдозрідження - це процес взаємодії газів і рідини з твердими зернистими пилоподібними матеріалами, при проведенні якого тверді частинки набувають рухливості одна відносно одної за рахунок обміну енергією з псевдозріджуючим потоком. Широке запровадження апаратів для сушки в псевдозрідженому шарі в промислову практику зумовлено рядом позитивних факторів. Тверді частинки в псевдозрідженому стані внаслідок текучості можна переміщувати по трубах, що дозволяє багато періодичних процесів здійснювати безперервно. Завдяки інтенсивному перемішуванню твердих частинок в псевдозрідженому шарі практично вирівнюється поле температур, вилучається можливість значних локальних перегрівів і зв'язаних з цим порушень в проходженні ряду технологічних процесів. Сушіння - один з найпоширеніших технологічних процесів, використовуваний в біотехнологічній, фармацевтичній і хімічній промисловості. Важко знайти таке біотехнологічне і фармацевтичне виробництво, на якому не було б операції сушки того чи іншого препарату або речовини. Одним з найбільш ефективних і продуктивних методів сушіння сипких матеріалів є оброблення у газодинамічному псевдозрідженому шарі, створюваному висхідним потоком газоподібного зріджуючого агента. Цей метод реалізується у відповідних апаратах псевдозрідженого шару. Сушка в псевдозрідженому шарі - оптимальний спосіб рівномірної сушки грануляту. Завдяки Інтенсивному тепло-масообміну в киплячому шарі, процес йде особливо ефективно і швидко. Дана технологія добре підходить для кінцевої сушки грануляту, отриманого розпиленням, а також екструдатів з низькою залишковою вологістю. Сушка в псевдозрідженому шарі застосовується у всіх галузях, що переробляють порошкові матеріали. У фармацевтичній промисловості цей інноваційний метод вже давно замінив сушку в поличних сушарках, що вимагає значних витрат часу. Адже сушка в псевдозрідженому шарі йде приблизно в двадцять разів швидше. Крім того, в псевдозрідженому шарі створюються більш контрольовані і рівномірні умови порівняно з поличними сушарками.

Незалежно від технології, за якою був виготовлений гранулят - сушка в псевдозрідженому шарі повинна йти в умовах термодинамічної рівноваги. Температуру вхідного повітря слід підібрати таким чином, щоб з поверхні гранул випаровувалося рівно та кількість води, яка надходить по капілярах зсередини. При занадто високій температурі повітря, що надходить в зону сушіння, на поверхні гранул може утворитися скоринка, яка ускладнює або зовсім припиняє перенесення води з внутрішніх шарів гранул назовні. В результаті процес сушіння не прискорюється, а сповільнюється. В апараті для сушки в псевдозрідженому шарі можна проводити не тільки процес сушіння, а й процес гранулювання, нанесення захисного покриття. При використанні технології розпилення для грануляції, агломерації та нанесення покриттів необхідно контролювати процес таким чином, щоб не тільки знизити вологість до заданого рівня, а й забезпечити безперервність сушки в ході розпилення. Занадто висока температура повітря, що поступає може перешкодити утворенню рідинних потоків, зробити структуру гранул нестійкою, а плівкове покриття - нерівномірним.

10.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 2. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Модернізація сушарки псевдозрідженого шару (вдосконалення конструктивних елементів)	Технологія виготовлення матеріалу полягає в створенні 3d моделі і тестуванню в програмі «Ansys»	Необхідно розробити решітку із похилими отворами після комп'ютерного моделювання	Технології доступні авторам проекту
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: проведення комп'ютерного моделювання даної				

результати, перевірка теоретичних розрахунків математичної моделі.

Висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту: так, дана можливість є і її потрібно реалізувати тому що це забезпечить ефективне використання енергетичних ресурсів підприємства яке має сушильні установки [37].

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів- конкурентів.

10.3 Потенційні групи клієнтів, їх характеристики, формування орієнтовного переліку вимог до товару для кожної групи.

Таблиця 3. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Базова потреба, яку задовольняє дана сушарка – ефективне висушування матеріалу що дозволяє економити на електроенергії яка витрачається на висушування матеріалу	Цільові групи клієнтів, що можуть бути зацікавлені у задоволенні означеної потреби це є директора заводів які знають процес і приймають рішення щодо модернізації обладнання	Фактори, що формують поведінку клієнта: (стандарти, технічні регламенти, інші фактори цінового характеру, особливості купівлі та експлуатації товару	До продукції: якісне висушування матеріалу який надходить із попередніх етапів змішування

Таблиця 4. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Олігополія. В фармацевтичній, хімічній, харчовій галузі домінує невелика кількість конкуруючих фірм.	Фірми виробляють значну долю продукції даної галузі, а поява нових продавців ускладнена чи неможлива. Товар, стандартизований.
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний	Локальний. Конкурентні переваги, що ґрунтуються на географічних факторах, пов'язані з можливістю економічного подолання географічних меж ринків.	Географічним бар'єром входу на ринок для потенційних конкурентів є неможливість переміщення товарів між територіями внаслідок: неприступності товарів; значних додаткових витрат на перетинання кордонів ринку; втрати рівня якості й споживчих властивостей товару в процесі його транспортування.
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	У промисловості кооперовані зв'язки розрізняють за галузевими і територіальними ознаками. Міжгалузева ознака.	Міжгалузева - між підприємствами різних галузей. Це дозволяє взаємодіяти між трьома галузями: Хімічна, фармацевтична і харчова
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Товарно-видова.	Конкуренція між товарами одного виду. У цьому важливого значення набуває марка товару. Здебільшого це боротьба між марками-

		конкурентами.
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова конкуренція мінімізує ціну як чинник споживчого попиту.	Унікальна пропозиція продукції з погляду споживачів, як результат більше свободи у встановленні цін вище, ніж у конкуруючих товарів.
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Фірмове ім'я (марочна назва) - літера, слово, група літер або слів, які можна вимовити та пов'язуються у свідомості споживачів із певною фірмою або товаром.	Варто створити фірмовий знак. Фірмовий знак є частиною товарної марки, яку можна визначити візуально і відразу викликати в споживача асоціації із компанією. Це дозволить бути більш конкурентноспроможною.

Таблиця 5. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
	Оновлення обладнання та технологій.	Система технологічного оснащення. Оновлення обладнання та технологій, тобто заміна їх на більш прогресивні, забезпечує підвищення конкурентоспроможності підприємства, підсилює внутрішню гнучкість виробництва.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 61. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: ефективне використання енергоресурсів підприємства. Додаткові послуги для обслуговування виробництв.	Слабкі сторони: Висока вартість модернізації та встановлення необхідних нових комплектуючих елементів. Вузька продуктова лінійка.
Можливості: розширення нових послуг.	Загрози: копіювання даної моделі решітки сушарки. Конкуренція із боку інших компаній.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

10.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 7. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Фармацевтичні, хімічні, харчові компанії (заводи)	Залежить від доцільності впровадження змін	Залежить від багатьох факторів.	Низька за рахунок обмеження в ресурсах підприємств	Застаріле обладнання яке не використовується на підприємстві потребує модернізації.
Які цільові групи обрано: Підприємства в яких є виробництво і потрібне вдосконалення необхідних апаратів в фармацевтичній, хімічній, харчовій промисловостях.					

Компанія зосереджується на одному сегменті - вона обирає стратегію концентрованого маркетингу.

Таблиця 8. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
	Ні, є подібні сушарки із вдосконаленою решіткою (подібної форми)	Компанія буде забирати у існуючих конкурентів клієнтів щоб зробити якісну послугу	Ні, решітка сушарки псевдозріженого шару має свої особливі властивості	Стратегія заняття конкурентної ніші.

10.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач.

Таблиця 9. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
	Зменшення затрат на електроенергію	Ефективне використання енергоресурсів	Швидке сушіння. дозволяє висувувати матеріал з 10 до 5% вмісту вологи в матеріалі.

Визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів. Аналіз проводиться експертним методом.

10.6 Розрахунок виробничої потужності

Підприємство працює за стандартним календарним режимом 5 днів на тиждень, тому кількість робочих днів у році складає - 250 днів. За рік підприємством випускається 500 шт. . Тоді виробнича потужність підприємства визначається за формулою:

$$P = \frac{Q}{T}$$

Розрахунок ефективного фонду робочого часу цеху 3

урахуванням робочого графіка, ефективний фонд робочого часу становить:

$$T_{\text{эф}} = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Основна характеристика режиму роботи підприємства, а також річний фонд роботи останнього наведено в Таблиці 3.

Таблиця 10. Річний фонд робочого часу підприємства

Показник	Норма робочого часу
Календарний фонд робочого часу підприємства, діб	250
Тривалість робочого дня підприємства, год	16
Час простою в планово-попереджувальних ремонтах протягом року, год	$T_{\text{пр}}$ (див. таблицю 9.2)
Річний фонд робочого часу підприємства, год	$T_{\text{эф}} = 4000 - T_{\text{пр}}$

В умовах графіку виробництва виробництва номінальний робочий фонд робочого часу роботи обладнання становить 4000 год/рік.

Загальний час простою обладнання у ремонтах визначаємо за формулою:

$$T_{\text{пр}} = a_k t_k + a_c t_c + a_n t_n,$$

де $a_k = 1$, $a_c = 2$, $a_n = 21$. – кількість капітальних, середніх, поточних ремонтів обладнання, $t_k = 65$, $t_c = 32$, $t_n = 5$. – тривалість простою обладнання у капітальному, середньому, поточному ремонті.

Отже, загальний час простою обладнання у ремонтах дорівнює

$$T_{np} = a_k t_k + a_c t_c + a_n t_n = 1 \cdot 65 + 2 \cdot 32 + 21 \cdot 5 = 234 \text{ год.}$$

Таким чином ефективний час роботи дорівнює:

$$T_{ef} = 4000 - 234 = 3766 \text{ год.}$$

Аналіз техніко-економічних показників

Аналіз техніко-економічних показників підприємства наведено в Таблиці 11.

Таблиця 11. Техніко-економічні показники підприємства

№	Показники	Одиниці вимірювання	Планові значення
1	Річний випуск продукції	шт	500
2	Чисельність персоналу за списком	осіб	42
3	Середньорічний виробіток працівника	шт/особу	18
4	Капіталовкладення:		
	всього;	грн	15 639 726
	на одиницю продукції	грн/кг	2 979
5	Повна собівартість продукції:		
	всього;	грн	7 740 800
	на одиницю продукції	грн/кг	1455,4
6	Ринкова вартість продукту	грн/кг	25 000
7	Прибуток		
	всього	грн	18 750 000
	на одиницю продукції	грн/кг	2 500
8	Рентабельність підприємства	%	119,8
9	Термін повернення капіталовкладень	місяців	11

Розрахунок собівартості продукту і вартості проекту. Розрахунок капітальних витрат на будівництво нового підприємства

Витрати на спорудження будівель та споруд цеху відсутні, оскільки їх купують уже готовими. Вартість будівель та споруд, а також річна сума амортизаційних відрахувань на них наведені в Таблиці 13.

Розрахунок вартості сировини, матеріалів та напівфабрикатів

Таблиця 12. Розрахунок вартості сировини, матеріалів та напівфабрикатів

№	Найменування	Вартість, грн/шт. (кг, л)	Кількість, шт. (кг, л)	Сума, грн/рік
1	Основна сировина:			
	— Сталь жароміцна аустенітного класу;	33 грн/кг	92 925 кг	3 066 525
	— сталь хірургічна;	110 грн/кг	4 200 кг	462 000
2	Допоміжні матеріали:	-	-	950 000

	запасні частини;			
3	Інше	-	-	350 000
	Сума	-	-	4 123 925

Розрахунок вартості палива та енергії на технологічні потреби

У Таблиці 8 наведені основні витрати електроенергії на технологічні процеси, а у Таблиці 9 наведено розрахунок вартості е черго витрат, водопостачання та водовідведення на технологічні потреби виробництва.

Таблиця 13. Зведений кошторис витрат на будівництво цеху

№	Найменування основних фондів	Кількість, шт	Ціна, тис. грн/шт	Транспортно-заготівельні витрати, тис. грн/шт	Інші витрати, тис. грн./шт	Вартість одиниці, тис. грн/шт	Загальна вартість, тис. грн	Термін експлуатації, років	Ліквідаційна вартість, тис. грн	Річна сума амортизаційних внесків, тис. грн./рік
1	Будівлі і споруди цеху	1	-	-	-	5 800	5 800	100	-	58
2	Запірна і трубопровідна арматура	7450	-	-	-	100	754	10	50	70,4
Обладнання, що використовується на виробництві										
3	Реактор-змішувач	3	37,6	0,4	2	40	120	15	10	7,334

4	Дозатор об'ємно-ваговий	1	75,2	0,8	4	80	80	10	7	7,3
5	Таблеточна машина	1	18,8	0,2	1	20	20	20	1,7	0,915
6	Змішувач сухих рідин	5	94	1	5	100	500	10	42	45,8
7	Сушка з псевдозрідженим киплячим паром	2	32,9	0,35	1,75	35	70	15	6	4,267
8	Мірник	1	65,8	0,7	3,5	70	70	10	6	7,6
9	Гранулятор	1	112,8	1,2	6	120	120	10	10	11
10	Насос відцентровий	2	159,8	1,7	8,5	170	340	10	28	31,2
11	Збірник	11	9,4	0,1	0,5	10	110	15	9	6,734
12	Фільтр	5	0,658	0,007	0,035	0,7	3,5	5	-	0,7
13	Реактор змішувальний	1	13,16	0,14	0,7	14	14	5	1	2,6
	Сума	-	-	-	-	-	1447,5	-	120,7	125,45

аблиця 14. Розрахунок вартості електроенергії на технологічні потреби

№	Найменування	Потужність, кВт	Кількість, шт.	Коефіцієнт попиту	Коефіцієнт збільшення потужності	Загальна потужність обладнання, кВт	Ефективний час роботи, год/рік	електроенергії на одиницю обладнання,	Загальні витрати електроенергії, кВт/рік
1	Дозатор об'ємно-ваговий	18,5	1	0,9	1,2	22,6	3751	84 772	84772

Таблиця 15. Розрахунок вартості енерговитрат, водопостачання та водовідведення

№	Найменування	Кількість, од./рік	Ціна, грн/од.	Сума, грн/рік
1	Електроенергія силова	992 965 кВт	2,13 грн/кВт	2 115 015,45
2	Електроенергія, що витрачається на освітлення	17 184,8 кВт	2,13 грн/кВт	36 603,62
3	Теплова енергія	430 Гкал	1250 грн/Гкал	537 500
4	Водопостачання	30 000 м ³	9 грн/м ³	270 000
5	Водовідведення	30 000 м ³	11 грн/м ³	330 000
	Сума	-	-	1 137 500

Таблиця 16. Графік змінності

Дата № бригади	1.01.2019	2.01.2019	3.01.2019	4.01.2019	5.01.2019	6.01.2019	7.01.2019	8.01.2019	9.01.2019	10.01.2019	11.01.2019	12.01.2019	13.01.2019	14.01.2019	15.01.2019	16.01.2019	17.01.2019	...
I бригада	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	...
II бригада	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	...

Примітка. 1 – перша зміна; 2 – друга зміна; В – вихідний..

Таблиця 17. Річний фонд оплати праці працівників цеху

№	Посада	Кількість працівників в бригаді, осіб	Кількість бригад, шт	Ставка одного працівника, грн/год	Заробітна плата одного працівника за місяць, грн/міс	Сума заробітної плати усіх працівників, що займають дану посаду за рік, грн/рік	Нарахування на фонд оплати праці, грн/рік
1	Головний технолог цеху	1	-	210	35 000	420 000	84 000
2	Головний інженер цеху	1	-	210	35 000	420 000	84 000
3	Начальник цеху (керівник бригади)	1	2	168	28 000	672 000	134 400
4	Технолог	4	2	72	12 000	1 152 000	230 400
5	Лаборант	6	2	54	9 000	1 296 000	259 200

6	Інженер	3	2	72	12 000	864 000	172 800
	Сума	-	-	-	-	5 016 000	1 233 600

Таблиця 18. Кошторис цехових витрат

№	Стаття витрат	Витрати, грн
1	Зарплата цехового персоналу	5 016 000
2	Нарахування на ФОП	1 233 600
3	Витрати на отримання будівель, витрат та обладнання: – енерговитрати, водопостачання та водовідведення; – амортизація	1 137 500 49 456
4	Витрати на ремонт та експлуатацію	1 389 000
	Сума	10 225 106

Таблиця 19. Калькуляція собівартості готової продукції цеху

№	Стаття калькуляції	Витрата на річну програму, грн/рік	Витрата на одиницю готової продукції, грн/шт
1	Основна сировина	587 400	111,89
2	Допоміжні матеріали	1 550 000	295,24
3	Енерговитрати, водопостачання та водовідведення	1 137 500	216,67
4	Заробітна плата персоналу цеху	5 016 000	955,43
5	Нарахування на ФОП	1 233 600	234,97
	Повна собівартість	7 740 800	1 474,44

Висновки

Із даних розрахунків, що зроблені в даній магістерській дисертації показують реальні суми і вартість необхідного матеріалу, установок для того щоб даний завод був працездатний і приносив прибуток. Клієнти являються представниками українських фірм але не є виключенням конкуренція в інших країнах. Наведений кошторис цехових витрат, розраховано суму загальнозаводських витрат, розраховано річний фонд оплати праці працівникам які працюють, наведений також розрахунок вартості енерговитрат, водопостачання та водовідведення.

Висновки

Під час виконання даної магістерської дисертації було узагальнено та систематизовано отримані знання, а також вдосконалились вміння застосовувати отримані теоретичні навички розрахунку та конструювання апаратурно—технологічних схем і апаратів для розрахунку та конструювання установок виробництва. Установа для виробництва таблеток анальгіну є загальною і може бути використана для виробництва різних твердих лікарських форм. Виготовлення таблеток анальгіну у фармацевтичній промисловості відіграє важливу роль, тому що цей лікарський препарат є головним препаратом у групі так званих ненаркотичних анальгетиків, і займає досить великий сегмент продажу в медичній сфері. Апарат, який розглянутий в проекті, був розрахований згідно діючих норм і стандартів, що дає змогу порівняти його з іншими типами діючих на даних лініях апаратів. В проекті було розроблено сушарку з псевдозрідженим шаром матеріалу для висушування грануляту таблеткової маси, що є своєрідним ноу-хау, так як більшість сучасних виробництв використовують на даному етапі сушильні шафи або вакуум-сушарки.

Проведено процес моделювання, процес перевірки апарату на міцність та стійкість. Проведено процес моделювання гідродинаміки по всьому об'єму апарата, за допомогою програмного забезпечення “ANSYS”. Для того, щоб провести моделювання цих процесів, спочатку потрібно було створити 3D модель апарату.

Було створено 3D модель в програмному забезпеченні “SolidWorks” та завантажено модель в програмне забезпечення “ANSYS” для подальших досліджень. І в результаті отримано розрахунки на міцність та стійкість даного апарату що не підтвердили надійність та працездатність.

Також був проведений патентний пошук, за рахунок чого, виконаний порівняльний аналіз основних показників конструкції вищезазначеного апарату з діючими аналогами.

Решітка псевдозрідженого шару застосовується в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях. Відома решітка апарату псевдозрідженого шару містить кільцевий каркас із змонтованими на ньому з нахилом до горизонталі та із зазором одна відносно одної прямими пластинами, між якими встановлено дистанційні елементи. Недоліком є те, що вона не забезпечує якісне висушування матеріалу. Зазначена конструкція дозволяє регулювати живий переріз решітки на різних її ділянках. Недоліком є те, що вона не забезпечує якісне висушування матеріалу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення решітки сушарки псевдозрідженого шару шляхом введення нового конструктивного виконання, що забезпечить ефективне висушування матеріалу. Поставлена задача вирішується тим, що решітка сушарки псевдозрідженого шару, яка складається з диску з отворами під кутом 45° які розташовані по спіралі Архімеда.

Новим є те що, що решітка через яку проходить повітря має похилі отвори, які розташовані по спіралі Архімеда для створення вихрових потоків під час висушування матеріалу. Решітка сушарки псевдозрідженого шару містить диск з нахиленими під кутом отворами до корпусу апарату, для вводу в сушильну камеру повітря

Решітка складається з диска, який має похилі отвори. Вихідні отвори, розташовані по лініях спіралі в межах радіусу решітки, які починаються з центру. Швидкість повітря, що виходить з отворів, розділяється на дві складові частини - вертикальну і радіальну. Швидкість потоку

псевдозрідженого повітря, що виходить з каналів, розташовано в периферійній зоні в площині розкладається на вертикальну і горизонтальну складові. Вектор горизонтальної складової, що складається з радіального і тангенціального напрямку. Ці вектори визначають направлений рух частинок. Частини матеріалу, потрапляючи в центральну зону решітки під дією вертикальної складової швидкості, приводяться до псевдозрідженого стану, а за рахунок радіальної складової швидкості - від центра в периферійну зону. У периферійній зоні здійснюється поступовий перехід від радіального переміщення до тангенціального. Тангенціальний вектор швидкості забезпечує закручування шару матеріалу від центру решітки до периферії, таким чином забезпечує ефективний рух середовища та відсутність застійних зон у всьому об'ємі апарату.

В камері матеріал висушується за допомогою вихрових потоків які виникають в циркуляційних контурах під час висушування. Пропонована решітка нескладна у виготовленні та експлуатації, значно розширює технологічні можливості сушарки псевдозрідженого шару.

Розрахунки, не підтвердили працездатність та надійність конструкції, показали, що апарат не витримує силові та теплові навантаження, що діють на нього. Аналізуючи епюри наведені вище, можна сказати, що дані розраховані елементи не витримують задані навантаження, так як найбільші а напруження, що виникають у матеріалі σ_{max} перевищують межі текучості матеріалу ($\sigma_T = 276$ МПа). Для матеріалу з якого виконані елементи із сталі 12Х18Н10Т максимальні напруження що виникають в обичайці: $\sigma_T = 349$ МПа ; в опорах: $\sigma_T = 14,9$ МПа; в кінцічному днищі: $\sigma_T = 375$ МПа; в кришці: $\sigma_T = 376$ МПа. Потрібно змінити товщину стінки, збільшити для того щоб апарат був працездатний і витримував задані навантаження, також можна змінити матеріал. Що відповідатиме розрахунковим параметрам які є отримані в програмному забезпеченні «Ansys».

Перелік посилань

1. Никольский Б.П. Справочник химика / Никольский Б.П. — Л.: «Химия», 1966 - 976 с.
2. Коваленко І. В., Малиновський В.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв / Методичні вказівки К.: Норіта-плюс, 2007 - 209 с.
3. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования деталей и узлов пищевого оборудования // Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е., перераб. и доп. / МГУ - М.: Машиностроение, 1970 - 425 с.
4. Романков П.Г. Гидравлические процессы химической технологии / ЛЭТИМ.—Л.: Госхимиздат, 1948- 121 с.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд. 5-е / М.: «Химия», 1968 - 852 с.
6. Батунер Л.М. Процессы и аппараты органического синтеза и биохимической технологии / ЛЭТИ М.—Л., 1966 - 520 с.
7. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / МГУ - М.: «Химия», 1973 - 752 с.
8. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Изд. 2-е / ЛЭТИ - Л.: «Машиностроение», 1970 - 653 с.
9. Михалев М.Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств / ЛЭТИ - Л.: «Машиностроение», 1984 - 300 с.
10. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 62 с.
11. Писаренко Г.С. Сопроотивление материалов. Изд. 4-е, перераб. и доп. / Институт проблем прочности НАН України - Киев: Вища школа, 1979. - 704 с.
12. ГОСТ 20680-84. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами. М.: Изд-во стандартов, 1984. - 35 с.
13. Державна фармакопея України. - Київ: Науково-експертний фармакопейний центр, 2003. -419 с.

14. Офіційний сайт державного підприємства «Український інститут промислово власності». Укрпатент. www.ukrpatent.org.
15. Официальный сайт федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Роспатент, www.rupto.ru.
16. Кавецкий Г.Д., Касьяненко В.П. Процессы и аппараты пищевой технологии. / М.: Колосс, 2008 - 591с.
17. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Часть 2 - М.: Химия, 1995. - 493с.
18. Державна фармакопея України. - Київ: Науково-експертний фармакопейний центр, 2003. - 419 с.
19. Каганович Ю.Я, Злобинский А.Г. Промышленные установки для сушки в кипящем слое - Л.: Химия, 1970. - 152 с.
20. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 1. - М.: Машиностроение, 2001. - 920 с.
21. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. - Л.: Химия, 1968. - 311 с.
22. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1983. - 308 с.
23. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. -М.: Химия, 1991. - 42 с.
24. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств. Под ред. Стабникова В.Н. - К.: Вища школа, 1982. - 199 с.
25. Лащинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов - Л.: Машиностроение, 1981. -275 с.
26. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1991. - 352 с.
27. Правила оформлення апаратурно-технологічних схем. Методичні вказівки до виконання графічної частини дипломної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр. 0902 «Інженерна механіка» спец. 7.090226

«Обладнання фармацевтичної і мікробіологічної промисловості» всіх форм навч.

- К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2006.

28. Мухленов И.П., Сажин Б.С., Фролова В.Ф. Расчеты аппаратов кипящего слоя. - Л.: Химия, 1986 - 128 с.

29. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. — М.: Химия, 1970 - 218 с.

30. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий: СНиП - М.:Стройиздат, 1972

31. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Турыб Л.В., Лико Х.І. Практикум з охорони праці. - Львів, 2000 - 350 с.

32. ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

33. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

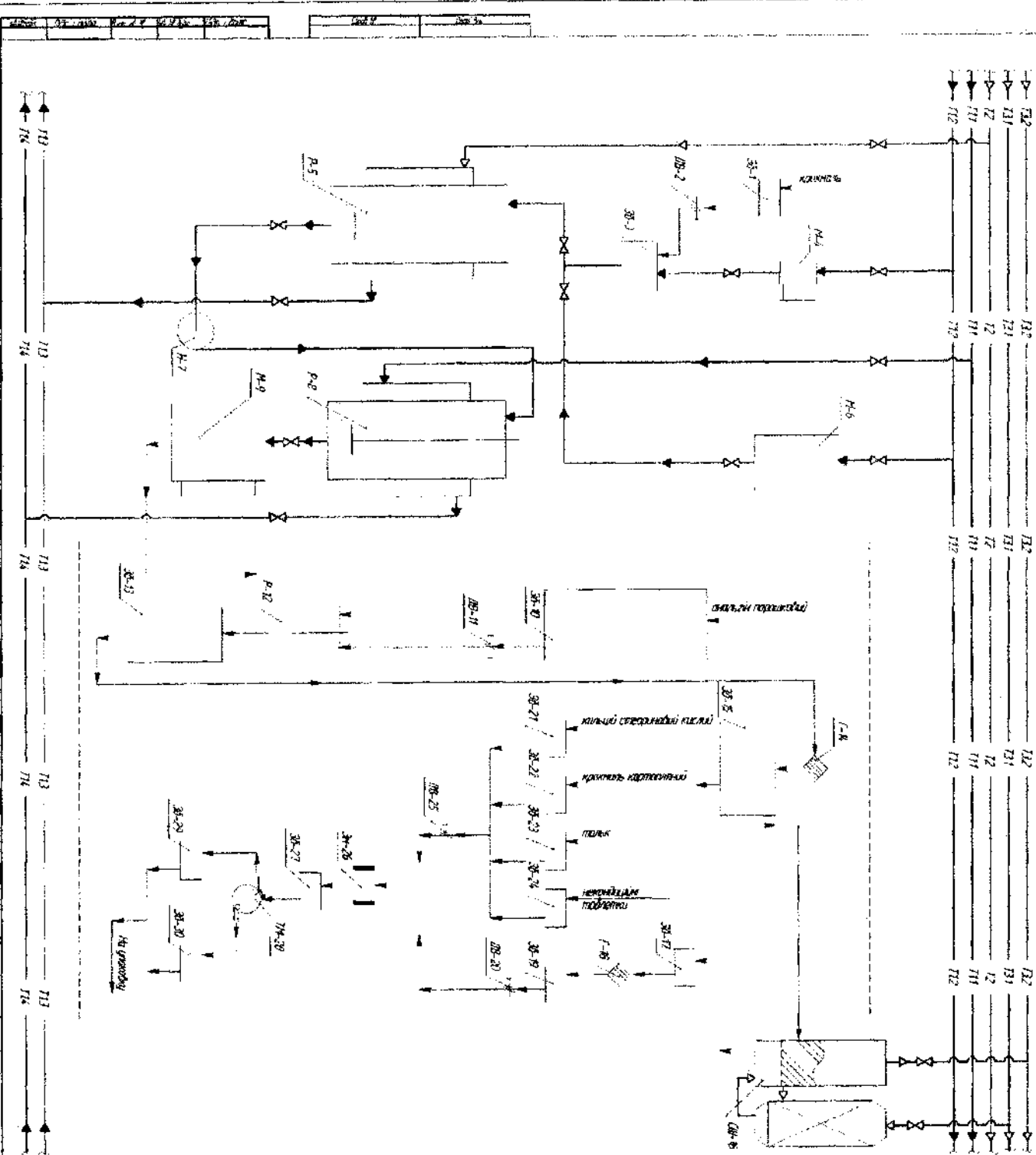
34. Макаров Г. В. «Охрана труда в химической промышленности», М.: Химия, 1989 - 263 с.

35. В. Соловьев, Н.А. Стрельчук, П.И. Ермилов, Б.Л. Канер. Охрана труда в химической промышленности. — М.: Химия, 1966 - 751 с.

36. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Л. А. Кондаков, А. И. Голубев, В. Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова.- М.: Машиностроение, 1986 - 464 с.

37. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. - Київ : НТУУ «КПІ», 2016. - 28 с.

Додаток А



Model movement	Interpretation	Interpretation
717	717	Interpretation
712	712	Interpretation
711	711	Interpretation
716	716	Interpretation
712	712	Interpretation
712	712	Interpretation

Расс.	Наименование	Вид	Группировка
19-107	Копия	1	
19-108	Копия	1	
19-109	Копия	1	
19-110	Копия	1	
19-111	Копия	1	
19-112	Копия	1	
19-113	Копия	1	
19-114	Копия	1	
19-115	Копия	1	
19-116	Копия	1	
19-117	Копия	1	
19-118	Копия	1	
19-119	Копия	1	
19-120	Копия	1	
19-121	Копия	1	
19-122	Копия	1	
19-123	Копия	1	
19-124	Копия	1	
19-125	Копия	1	
19-126	Копия	1	
19-127	Копия	1	
19-128	Копия	1	
19-129	Копия	1	
19-130	Копия	1	
19-131	Копия	1	
19-132	Копия	1	
19-133	Копия	1	
19-134	Копия	1	
19-135	Копия	1	
19-136	Копия	1	
19-137	Копия	1	
19-138	Копия	1	
19-139	Копия	1	
19-140	Копия	1	
19-141	Копия	1	
19-142	Копия	1	
19-143	Копия	1	
19-144	Копия	1	
19-145	Копия	1	
19-146	Копия	1	
19-147	Копия	1	
19-148	Копия	1	
19-149	Копия	1	
19-150	Копия	1	
19-151	Копия	1	
19-152	Копия	1	
19-153	Копия	1	
19-154	Копия	1	
19-155	Копия	1	
19-156	Копия	1	
19-157	Копия	1	
19-158	Копия	1	
19-159	Копия	1	
19-160	Копия	1	
19-161	Копия	1	
19-162	Копия	1	
19-163	Копия	1	
19-164	Копия	1	
19-165	Копия	1	
19-166	Копия	1	
19-167	Копия	1	
19-168	Копия	1	
19-169	Копия	1	
19-170	Копия	1	
19-171	Копия	1	
19-172	Копия	1	
19-173	Копия	1	
19-174	Копия	1	
19-175	Копия	1	
19-176	Копия	1	
19-177	Копия	1	
19-178	Копия	1	
19-179	Копия	1	
19-180	Копия	1	
19-181	Копия	1	
19-182	Копия	1	
19-183	Копия	1	
19-184	Копия	1	
19-185	Копия	1	
19-186	Копия	1	
19-187	Копия	1	
19-188	Копия	1	
19-189	Копия	1	
19-190	Копия	1	
19-191	Копия	1	
19-192	Копия	1	
19-193	Копия	1	
19-194	Копия	1	
19-195	Копия	1	
19-196	Копия	1	
19-197	Копия	1	
19-198	Копия	1	
19-199	Копия	1	
19-200	Копия	1	

[illegible]

Додаток Б

СТАН ДІЛОВОДСТВА ЗА ЗАЯВКОЮ НА ВІНАХІД (КОРИСНУ МОДЕЛЬ) № u201906530

ПОЗНАЧЕННЯ

- Успішно пройдена стадія
- Поточна стадія
- Стадія, що не використовується у діловодстві за заявкою



- Патент зареєстровано
- Підготовка до державної реєстрації та публікації
- Отримання документа про сплату державного мита
- Кваліфікаційна експертиза
- Отримання кваліфікаційної експертизи
- Формальна експертиза
- Встановлення дати подання
- Реєстрація першочесних документів, попередня експертиза та введення відомостей до бази даних

ДОКУМЕНТИ ЗАЯВНИКА

Дата реєстрації	Дата відправки	Дата отримання	Назва документа	Регістраційний №
11.06.2019			Документ, що підтверджує неприбутковість особи	19/ЗУ/ВдНВ-41121
11.06.2019			Реферат	19/ЗУ/ВдНВ-40899
11.06.2019			Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	19/ЗУ/ВдНВ-40894
11.06.2019			Креслення	19/ЗУ/ВдНВ-40898
11.06.2019			Опис винаходу (КМ)	19/ЗУ/ВдНВ-40896
11.06.2019			Формула винаходу (КМ)	19/ЗУ/ВдНВ-40897

ДОКУМЕНТИ ЗАЯВНИКА

Дата реєстрації	Дата відправки	Дата отримання	Назва документа	Регістраційний №
11.06.2019			Документ, що підтверджує неприбутковість особи	19/ЗУ/ВдНВ-41121
11.06.2019			Реферат	19/ЗУ/ВдНВ-40899
11.06.2019			Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	19/ЗУ/ВдНВ-40894
11.06.2019			Креслення	19/ЗУ/ВдНВ-40898
11.06.2019			Опис винаходу (КМ)	19/ЗУ/ВдНВ-40896
11.06.2019			Формула винаходу (КМ)	19/ЗУ/ВдНВ-40897

ДОКУМЕНТИ УКРПАТЕНТУ

Для завантаження оригіналу документу та ЕЦП, використовуйте в якості коду 10 останніх цифр штрихкоду на документі

Дата реєстрації	Дата відправки	Дата отримання	Назва документа	Регістраційний №	ЕЦП
25.10.2019	29.10.2019	30.10.2019	Висновок про видачу декларційного патенту на копію модель за результатами формальної експертизи	25371/ЗУ/19	1
25.10.2019	29.10.2019	30.10.2019	Формула до висновка (додаток)	25371/ЗУ/19	
16.07.2019	18.07.2019		Рішення про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель)	17819/ЗУ/19	1
01.07.2019	04.07.2019	05.07.2019	Повідомлення щодо встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель)	16376/ЗУ/19	1

ЗБОРИ

Код збору	Початок очікування	Планова дата отримання	Фактична дата отримання	Назва документа
10100	11.06.2019	12.08.2019	10.07.2019	За подання заявки (міжнародної заявки) на винахід (корисну модель), формула якого містить не більш як 3 пункти

UAH 97,05/80.00 80.00UAH № 740/01 від 10.07.2019 Платіжне доручення

ДЕРЖАВНЕ МИТО

Код збору	Фактична дата отримання	Назва документа
-----------	-------------------------	-----------------

Документів немає